

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

М. Є. СЕРГІЄНКО, А. М. СЕРГІЄНКО,
В. М. КРАСНОКУТСЬКИЙ, Є. С. ПЕЛИПЕНКО

КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Лабораторний практикум
для студентів спеціальностей
J8 «Автомобільний транспорт» і G11 «Машинобудування»

Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХПІ»

Харків
НТУ «ХПІ»
2026

УДК 629.3.01

К 17

Рецензенти :

М. А. Подригало, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технологій машинобудування та ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Д. М. Барановський, д-р техн. наук, професор кафедри комп'ютеризації та роботизації промислових процесів, Політехніка Жешовської;

М. Л. Шуляк, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри агроінжинірингу, Сумський національний аграрний університет

Рекомендовано Вченою радою НТУ «ХПІ» як лабораторний практикум для студентів спеціальностей J8 «Автомобільний транспорт» і G11 «Машинобудування», протокол 4 від 05 травня 2023 р.

Конструкції автомобілів та їх аналіз : лабораторний практикум /
К 17 М. Є. Сергієнко, А. М. Сергієнко, В. М. Краснокутський,
Є. С. Пелипенко; за ред. проф. М. Є. Сергієнка. Харків : НТУ «ХПІ»,
2026. 642 с.

ISBN 978-617-05-0589-7

Розглянуто компонування, будову складових частин, вузлів, систем автомобілів, їх роботу, матеріали, регулювання та основні несправності. Представлені сучасні конструкції вузлів та систем автомобіля, які дозволяють підвищити його експлуатаційні, ергономічні та екологічні показники.

Призначено для студентів, аспірантів, викладачів та наукових співробітників транспортного профілю.

Лл. 444. Табл. 17. Бібліогр. 45 назв.

УДК 629.3.01

© Сергієнко М. Є., Сергієнко А. М.,
Краснокутський В. М.,
Пелипенко Є. С., 2026
© НТУ «ХПІ», 2026

ISBN 978-617-05-0589-7

ПЕРЕДМОВА

Практикум складено з метою надати методичну допомогу студентам при вивченні конструкцій автомобілів. Уміння працювати з кінематичними схемами трансмісій і приводів автомобілів дозволяє вивчити призначення, принцип побудови пристроїв, конструктивні особливості та роботу елементів трансмісій, порівнювати трансмісії з різним конструктивним виконанням, виявляти їх характерні особливості, визначати кількість передач, складати кінематичні ланцюги, визначати передавальні числа та напрямки потоків потужності як для окремих функціональних частин трансмісії, так і для трансмісії в цілому. За наявності додаткових даних знання кінематичних схем дозволяє визначити тягову силу, швидкість руху, втрати, витрату палива автомобіля.

Навички читання кінематичних схем дозволяють вирішувати різні інженерні завдання, що зустрічаються в практиці проектування й експлуатації автомобілів, а також будь-яких інших пристроїв і обладнання, що мають механічні трансмісійно-силові вузли.

У практикумі наведено кінематичні схеми трансмісій автомобілів, кінематичні схеми найбільш характерних функціональних частин трансмісії та приводів, зазначені способи вмикання різних передач у коробках передач, подільниках, роздавальних коробках. Для деяких кінематичних схем вказано також кінематичні ланцюги, що відповідають напрямкам потоків потужності на різних передачах.

ВСТУП

Розпочинаючи вивчення конструкції автомобілів, необхідно усвідомити загальну структуру легкових, вантажних автомобілів, автобусів, компоновку їх основних вузлів і агрегатів.

У даний час на автомобілях переважно використовуються двигуни внутрішнього згоряння, але з'явилися варіанти з гібридними енергетичними установками, що включають двигун внутрішнього згоряння й електродвигун, та тільки з електродвигунами. Як накопичувачі енергії використовуються різні конструкції акумуляторів. Ведуться роботи з підвищення ефективності, пробігу автомобілів з електричною тягою з різними джерелами електричної енергії.

Лабораторні роботи ґрунтуються на знанні лекційного матеріалу і попередній самопідготовці студентів і літератури, рекомендованої викладачем, наявних на кафедрі плакатах та електронному матеріалі з конструкції автомобілів, автобусів, а також на макетах вузлів.

Лабораторні роботи студентами виконуються самостійно після вступної бесіди і короткого опитування по темі, що вивчається.

Перелік основних питань, які слід засвоїти в процесі самопідготовки, наведено наприкінці кожної лабораторної роботи. Рекомендується принципіві схеми розглянутих вузлів і агрегатів автомобілів креслити олівцем у робочих зошитах при самопідготовці, а також використовувати вказівки з організації, послідовності виконання за розділами: «Двигун», «Зчеплення автомобілів», «Коробки передач», «Карданні передачі» та ін.

Розпочинаючи вивчення розділу «Коробки передач», слід перш за все усвідомити, чому автомобіль із двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) повинен мати коробку передач, а з електродвигуном можна обходитися без неї. Це обумовлено тим, що ДВЗ, задовольняючи багато вимог, що ставляться до двигунів транспортних машин, має істотний недолік – низький коефіцієнт пристосованості (відношення максимального крутного моменту двигуна до величини крутного моменту, що відповідає максимальній потужності). Така невідповідність діапазону зміни крутного моменту по двигуну і сил опору руху машин

викликає необхідність уведення між ДВЗ і колесами механізму, який міг би розширити діапазон зміни сили тяги коліс по двигуну до діапазону зміни величини зовнішнього опору. Таким механізмом є коробка передач.

Складність засвоєння конструктивних особливостей коробок передач викликає необхідність створення і розробки методичної літератури для студентів усіх форм навчання. Сьогодні знову викликають інтерес електромеханічні та гідрооб'ємно-механічні трансмісії, що розробляються на провідних підприємствах автомобілебудування в світі.

Перед промисловістю ставиться проблема не стільки кількості, скільки якості автомобілів, що випускаються. Проблему якості слід розглядати в широкому аспекті, маючи на увазі відповідність автомобіля технічним вимогам, економічність витрати енергії накопичувача або перетворювача, його високу продуктивність, створення комфортних умов праці (в тому числі зручність і легкість керування). Дедалі більшого значення набуває економія енергетичних ресурсів; відомо, що цій вимозі відповідає робота ДВЗ у режимі оптимальних обертів колінчастого вала, відповідних мінімальній витраті палива. Це забезпечується при використанні безступеневих трансмісій. Теоретичними та експериментальними дослідженнями доведено, що найбільш раціональна безступенева трансмісія з автоматичною, залежно від умови руху, зміною передавального числа.

У безступеневих трансмісіях широко застосовують варіатори, гідродинамічні та гідрооб'ємні передачі. У гідродинамічних агрегатах енергія передається за рахунок використання кінетичної енергії рідини разом при порівняно невисоких тисках і, як правило, високих кутових швидкостях валів гідроагрегатів. У гідрооб'ємних агрегатах передача енергії здійснюється за рахунок використання енергії тиску (статичного напору) рідини при незначних швидкостях її руху в тихохідних високомоментних гідромашинах і при відносно високих швидкостях її руху в швидкохідних гідромашинах із меншими рівнями моментів.

Ходова система самохідних машин включає в себе підвіску, колеса і шини. Підвіска здійснює пружний зв'язок рами з колесами,

пом'якшуючи поштовхи й удари при наїзді на нерівності, забезпечуючи комфортні умови водієві та пасажирам; підвіска перетворює дотичну силу тяги на ведучих колесах у штовхальне зусилля на раму, що забезпечує рух автомобіля, сприймає зусилля при гальмуванні автомобіля. Підвіска складається з трьох елементів: пружного, напрямного і демпфувального пристроїв.

Пружним пристроєм на раму передаються вертикальні сили, що діють з боку дороги, зменшуються динамічні навантаження, поліпшується плавність ходу. Напрямний пристрій сприймає діючі на колесо поздовжні і бічні сили, їх моменти; від напрямного пристрою залежить, як буде переміщатися колесо щодо рами. Демпфувальний пристрій призначений для гасіння коливань кузова і коліс за рахунок перетворення енергії коливань у теплову, яка потім розсіюється. В підвісках легкових автомобілів і автобусів (рідше вантажних) використовують додатковий пристрій – стабілізатор поперечної стійкості - для зменшення бокового крену і поперечних кутових коливань кузова автомобіля.

Конструкція підвіски автомобіля має забезпечувати необхідну плавність ходу, необхідний комфорт, стійкість і їх керованість при русі в різних умовах. Тип ходової системи автомобіля визначається його призначенням. Ходова система в автомобілі служить для надання поступального руху і необхідних умов праці при русі по нерівностях, підтримки його остова. Конструктивно вона може мати три виконання: з двома задніми ведучими і двома передніми напрямними колесами, з двома задніми й одним напрямним колесом, із чотирма ведучими колесами однакового діаметра. Ходова система автомобіля має забезпечувати надійне зчеплення ведучих коліс із ґрунтом, надавати мінімальний тиск на ґрунт, не викликати руйнування верхнього родючого шару ґрунту. Вибір ходової системи автомобіля значною мірою визначається типом автомобіля, його призначенням, класом.

Для підготовки та проведення занять студенти використовують:

- практикум і методичні вказівки до виконання лабораторних робіт;

- альбоми, плакати, схеми агрегатів, вузлів автомобілів;
- навчальну літературу з дисципліни;
- технічні засоби навчання - ПК з проєктором;
- презентації з конструкції автомобілів і автобусів;
- інтернетні ресурси.

По кожній лабораторній роботі студент повинен вміти відповісти на контрольні запитання.

Безпосереднє керівництво при проведенні занять здійснюють викладачі. На першому занятті група студентів ділиться на дві підгрупи.

Перед проведенням занять студенти отримують інструктаж із техніки безпеки і розписуються про це в журналі. Студенти, які не пройшли інструктаж із техніки безпеки і не розписалися в журналі, до лабораторних занять не допускаються.

Лабораторна робота 1

ЗАГАЛЬНА КОМПОНОВКА АВТОМОБІЛІВ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ДАНІ

Мета роботи – вивчення компоувальних схем і технічних характеристик легкових, вантажних автомобілів та автобусів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції автомобілів і автобусів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій сучасних автомобілів і автобусів;
- основні вузли автомобіля, макет трансмісії.

Завдання до роботи:

- вивчити склад, розташування і призначення основних частин автомобіля;
- ознайомитися з компоувальними схемами легкових, вантажних автомобілів і автобусів;
- ознайомитися з електронними інформаційними матеріалами щодо компоування, характеристиками вантажних, легкових автомобілів і автобусів;
- виконати ескіз компоувальною схеми автомобіля відповідно до завдання і подати склад, призначення основних частин у звіті;
- ознайомитися з технічними характеристиками вантажних, легкових автомобілів і автобусів, подати згідно із завданням варіант характеристики;
- визначити за європейської класифікацією автомобіль за завданням викладача.

Автомобілі. Основні частини автомобіля

Двигун перетворює хімічну енергію палива, що згорає в його циліндрах, на теплову енергію, а потім за допомогою кривошипно-шатунного механізму – в механічну, яка приводить в обертання ведучі колеса автомобіля. Найбільш поширені – бензинові двигуни і дизелі.

Трансмісія служить для передачі крутного моменту від колінчастого вала двигуна до ведучих коліс автомобіля та зміни його величини і

напрямку. До складу трансмісії входять зчеплення, коробка передач, карданна передача і ведучий міст.

Ходова частина перетворює обертальний рух ведучих коліс у поступальний рух автомобіля. Вона складається з рами, на якій встановлюють кузов і всі механізми автомобіля, підвіски, передньої та задньої осей і коліс.

Кузов служить для розміщення водія, пасажирів і вантажу. У вантажного автомобіля він складається з вантажної платформи та кабіни.

Механізми керування призначені відповідно до керування автомобілем. До них належать рульове керування, за допомогою якого змінюють напрямок руху автомобіля, і гальмівна система, що дозволяє зменшити швидкість або зупинити автомобіль.

Трансмісію, ходову частину та механізми керування в зборі називають *шасі*.

Допоміжне обладнання автомобіля – це лебідка, тягово-зчіпний пристрій та інше додаткове обладнання.

Компонувальна схема вантажного автомобіля визначається взаємним розташуванням передньої осі, двигуна і кабіни. До теперішнього часу склалися чотири компонувальні схеми вантажних автомобілів (рис. 1.1):

- а* – двигун над віссю передніх коліс, кабіна за двигуном;
- б* – двигун над віссю передніх коліс, кабіна насунута на двигун;
- в* – двигун над віссю передніх коліс, кабіна над двигуном;
- г* – двигун ззаду передніх коліс, кабіна перед двигуном.

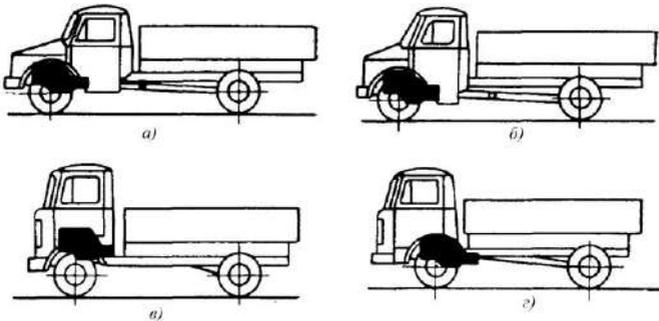


Рисунок 1.1 – Компонувальні схеми вантажних автомобілів

Компонувальні схеми автобусів

Компонувальна схема автобуса визначається взаємним розташуванням двигуна та ведучих коліс (рис. 1.2 – 1.9).

При передньопривідному компонуванні двигун може встановлюватися вздовж поздовжньої осі автобуса і поперек.

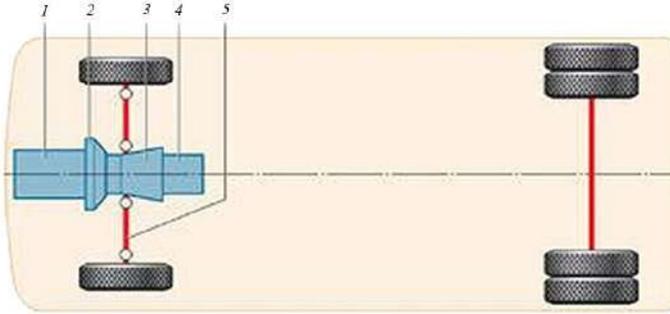


Рисунок 1.2 – Передньопривідне компонування з поздовжнім розташуванням двигуна:

1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – головна передача;
4 – коробка передач; 5 – вали приводу ведучих коліс

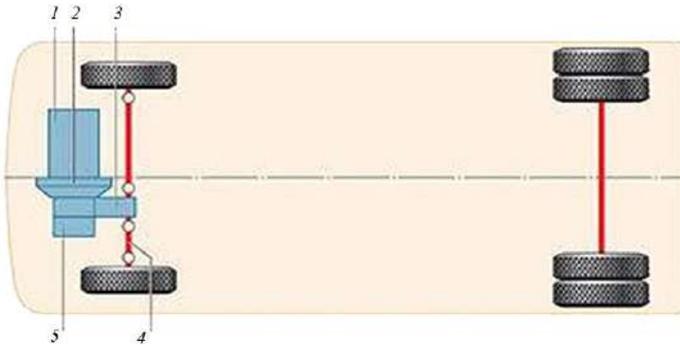


Рисунок 1.3 – Передньопривідне компонування з поперечним розташуванням двигуна:

1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – головна передача; 4 – вали приводу ведучих коліс;
5 – коробка передач

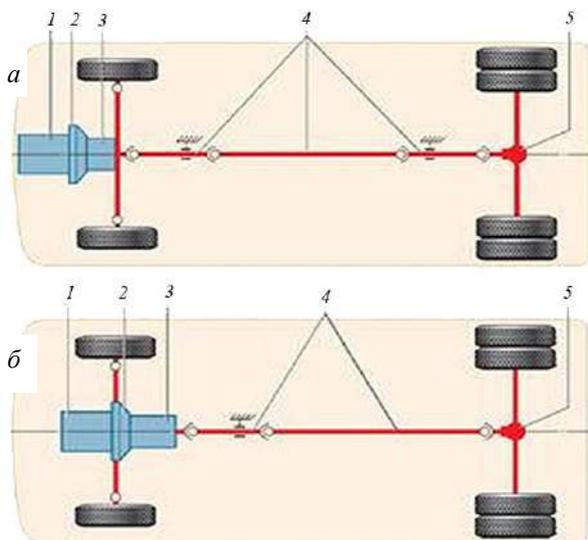


Рисунок 1.4 – Передньомоторне задньопривідне компонування з двигуном, розташованим у поздовжній площині симетрії автобуса:

а – з коробкою передач, розташованою перед передньою віссю;

б – всередині бази автобуса; 1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – коробка передач;

4 – карданна передача; 5 – головна передача

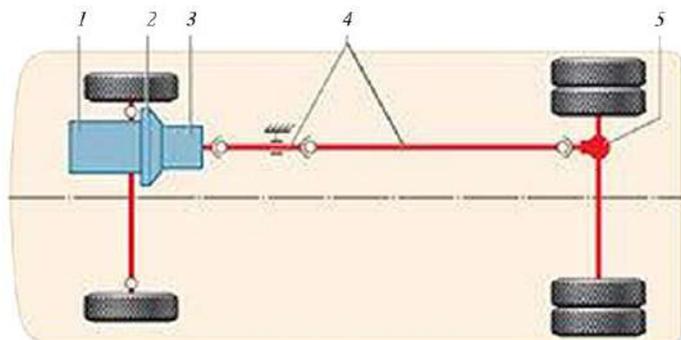


Рисунок 1.5 – Передньомоторне задньопривідне компонування зі зміщеним розташуванням двигуна:

1 – двигун; 2 – зчеплення;

3 – коробка передач; 4 – карданна передача; 5 – головна передача

При задньопривідній схемі двигун розташовується в поздовжній площині симетрії автобуса або зміщений відносно осі симетрії.

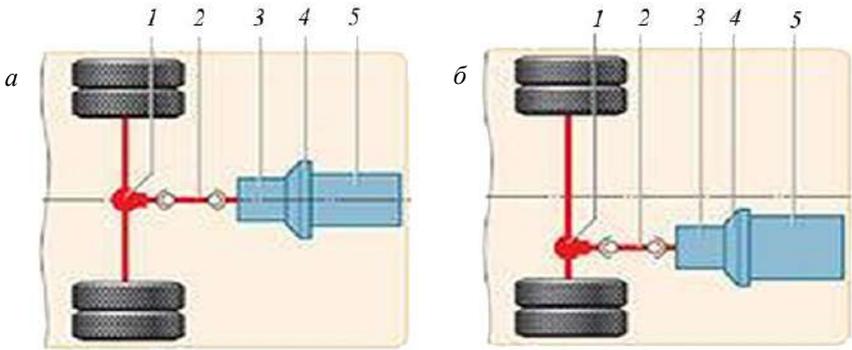


Рисунок 1.6 – Задньопривідне задньомоторне компонування з поздовжнім центральним (а) і зміщеним (б) розташуванням двигуна:

1 – головна передача; 2 – карданна передача; 3 – коробка передач;
4 – зчеплення; 5 – двигун

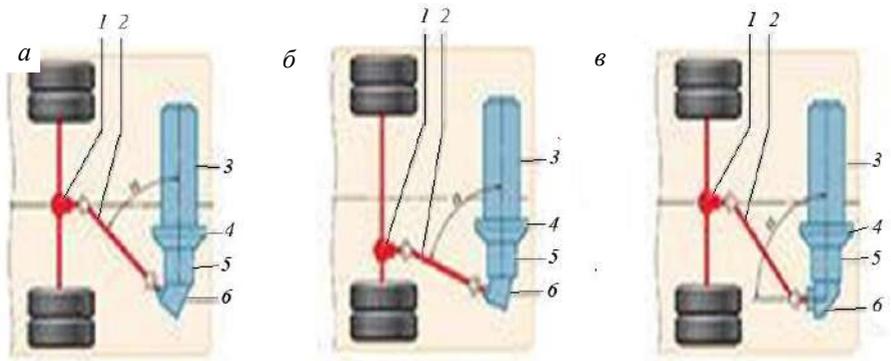


Рисунок 1.7 – Задньопривідна задньомоторна компоновка з поперечним розташуванням двигуна і кутом α , рівним 60 або 65° (а), 80° (б) і 90° (в):

1 – головна передача; 2 – карданна передача; 3 – двигун;
4 – зчеплення; 5 – коробка передач; 6 – кутовий редуктор

При задньому розташуванні двигуна можливі два варіанти його установки – уздовж і поперек поздовжньої осі автобуса.

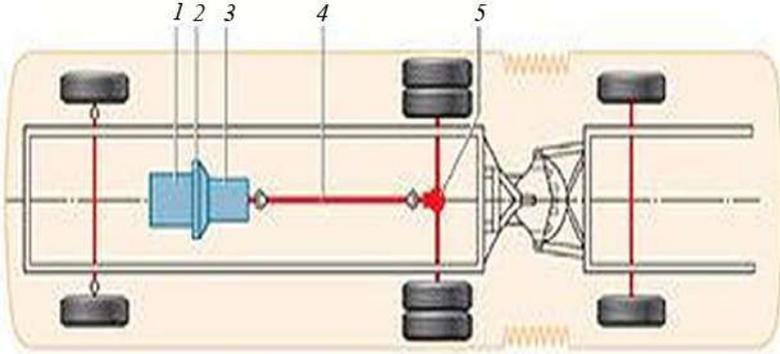


Рисунок 1.8 – Зчленований автобус із тягнучою передньою секцією і двигуном, розташуваним всередині бази:

- 1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – коробка передач; 4 – карданна передача; 5 – головна передача

Зчленовані автобуси здебільшого є міськими і, як правило, низькопідлоговими. Двигун у зчленованих автобусах встановлено всередині бази.

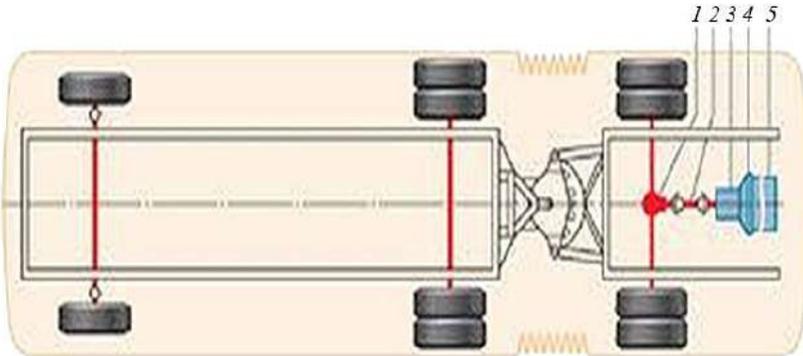


Рисунок 1.9 – Зчленований автобус із штовхальною задньою секцією і поздовжнім розташуванням двигуна в задній причіпній секції:

- 1 – головна передача; 2 – карданна передача; 3 – коробка передач; 4 – зчеплення; 5 – двигун

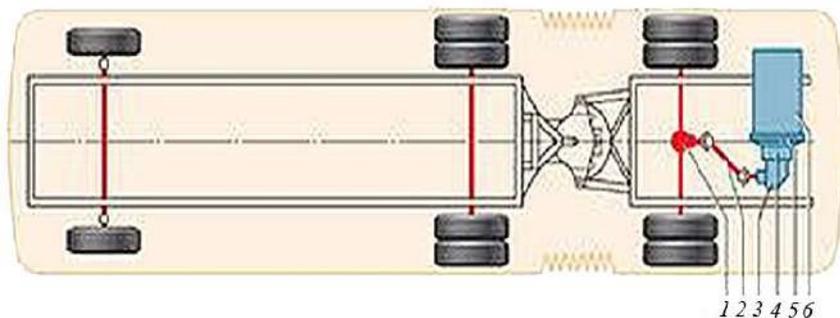


Рисунок 1.10 – Зчленований автобус зі штовхальною задньою секцією з поперечним розташуванням двигуна в задній причіпній секції:
 1 – головна передача; 2 – карданна передача; 3 – кутовий редуктор;
 4 – коробка передач; 5 – зчеплення; 6 – двигун

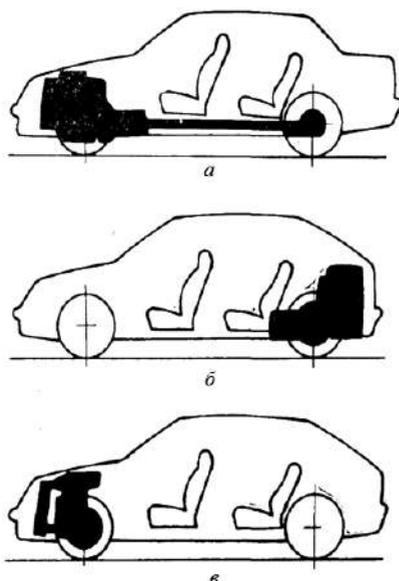


Рисунок 1.11 – Компонувальні схеми автомобілів

Компонувальні схеми легкових автомобілів

Компонувальна схема легкового автомобіля визначається відносним розташуванням двигуна та ведучих коліс. Основними компоновальними схемами легкових автомобілів є (рис. 1.11) є такі:

а) *класична* (рис. 1.11, а), коли двигун розташований попереду, а ведучі колеса є задні;

б) *задньопривідна* (рис. 1.11, б), коли двигун розташований ззаду, ведучі колеса – задні;

в) *передньопривідна* (рис. 1.11, в), коли двигун розташований попереду, ведучі – передні колеса.

Класичне компонування

В цьому випадку двигун і коробка передач розміщуються в передній частині автомобіля (рис. 1.12), а крутний момент передається на задні колеса. У машини з класичним компонуванням розважування (розподіл маси по осях), як правило, близьке до оптимальних 50/50. У результаті автомобіль добре «слухається» керма, а його шини зношуються більш рівномірно. Крім того, такі моделі часто відзначаються досить великим багажником, оскільки його обсяг обмежується лише елементами підвіски і приводу коліс.



Рисунок 1.12 – Приклад класичного компонування легкового автомобіля *BMW*

Проте класична схема розташування агрегатів володіє істотними недоліками. Перш за все, такі автомобілі відзначаються незадовільною стійкістю. Проведіть простий експеримент – спробуйте швидко штовхати пальцем олівець, що лежить на столі. Він весь час буде прагнути кудись повернути. Те саме відбувається і з машиною. Причому виникає занесення у цьому випадку прогресуюче – сила інерції прагне ще більше розвернути автомобіль. Тому автовиробники змушені велику увагу приділяти налаштуванню електронних систем безпеки моделей із класичним компонуванням, тим самим здорожуючи їх.

Крім того, великий центральний тунель, необхідний для розміщення карданного вала, займає багато місця в салоні. Найчастіше це навіть не дозволяє розмістити на задньому ряду сидінь середнього пасажера.

Розташований поздовжньо двигун також змушує розтягувати в довжину кузов, щоб не скорочувати простір салону. Та й у цілому класична схема досить громіздка, і тому не найкраще позначається на вазі машини.

Тому сьогодні лише деякі автовиробники зберегли вірність традиціям. І класичне компонування тепер можна зустріти переважно лише на деяких моделях преміальних марок – *BMW*, *Mercedes-Benz*, *Lexus*, *Jaguar*.

Передньопривідне компонування

Таке компонування відзначається тим, що силовий агрегат і ведучі колеса в цьому випадку розташовуються в передній частині автомобіля (рис. 1.13). Сьогодні передньопривідне компонування – найпопулярніше серед сучасних автомобілів.



Рисунок 1.13 – Приклад компонування передньопривідного автомобіля

Таке розміщення агрегатів має ряд переваг: компактність, невелика маса, низький рівень шумів і вібрацій (завдяки відсутності карданного вала). Крім того, передньопривідний автомобіль, як правило, відзначається просторим салоном і великим багажником. Нарешті, передньопривідна машина стійкіша від задньопривідної. Повторіть досвід з олівцем, тільки візьміть його за вістря і тягніть. Він буде слухняно слідувати за вашою рукою. Якщо виникає занесення, сила інерції не дає автомобілю розвернутися.

Недоліків у передньопривідній схемі теж вистачає. Наприклад, при інтенсивному розгоні ведучі колеса сильно розвантажуються і не можуть реалізувати великий крутний момент, що особливо помітно на моделях зі

спортивним уклоном. Крім того, передня вісь виходить перезавантаженою, внаслідок чого шини на ній зношуються швидше. Найчастіше «страждає» маневреність автомобіля, оскільки кут повороту коліс обмежується щільним компонованням моторного відсіку і конструкцією ШРКШів – шарнірів рівних кутових швидкостей, необхідних для передачі тяги на колеса.

Задньомоторне компоновання

Це компоновання передбачає заднє розміщення двигуна і ведучих коліс. У результаті корма автомобіля виходить перевантаженою, що надає йому вельми цікавих особливостей. Наприклад, подібну схему можна зустріти на спортивних моделях (*Porsche 911*, рис. 1.14), оскільки в цьому випадку при розгоні ведучі колеса завантажуються сильніше і дозволяють повністю реалізувати потенціал мотора. У той же час завдяки гарному завантаженню ведучої осі такі машини часто володіють дуже хорошою прохідністю (згадайте наш вітчизняний «Запорожець»). Не варто забувати і про те, що задньомоторне компоновання, так само як і передньопривідне, компактне та володіє невеликою масою.



Рисунок 1.14 – Автомобіль з задньомоторним компонованням силового агрегату

Недоліки цієї схеми впливають з її переваг. При зміщенні маси машини назад розвантажуються її керовані колеса. Тому такий автомобіль часом нестійкий на дорозі, і чим більша швидкість, тим більше водієві доводиться підрулювати. Частково вирішити цю проблему допомагають лише сучасні електронні системи безпеки.

А ще задньомоторні моделі, як правило, дуже непрактичні. Адже вся задня частина кузова у них зайнята силовим агрегатом, і багажник доводиться розмішувати спереду. Але в цьому випадку його обсяг обмежений елементами підвіски, кермового керування і навіть ногами водія та переднього пасажирів. Отже на просторий вантажний відсік розраховувати не доводиться.

Середньомоторне компонування

Подібна компонування – характерна прикмета суперкарів (рис 1.15). Силовий агрегат на таких машинах розміщується в межах колісної бази, прямо за спиною водія. В цьому є свій резон: така схема дозволяє зосередити найбільш важкі елементи автомобіля біля його вертикальної осі, тим самим зменшивши момент інерції та розподіливши масу по осях в оптимальному співвідношенні. Як результат – відмінна керованість.



Рисунок 1.15 – Повнопривідний автомобіль з середньомоторним компонуванням

Але для звичайних цивільних моделей середньомоторне компонування неприйнятне: салон виходить тісним, багажник – маленьким, а обслуговування – дорогим, оскільки до двигуна і коробки передач підібратися в такому випадку дуже непросто.

Втім, у перспективі інженери можуть розмістити силовий агрегат під підлогою кузова, і тоді середньомоторні машини можливо проявлять себе і в новій, практичній, ролі.

Окремим різновидом середньомоторного компонування можна назвати так звану схему *transaxle*, прихильником якої залишається, наприклад, *Maserati*. В цьому випадку мотор розшташований попереду,

але він зміщений максимально назад, у межі колісної бази, а тяга передається на задні колеса через карданний вал і коробку передач, зблоковану з заднім мостом.

Повнопривідне компонування

Останнім часом це компонування набирає дедалі більшої популярності. При такому компонуванні двигун зазвичай ставлять спереду, а тягу розподіляють по всіх колесах системою валів і редукторів. Конструкція складна, важка і досить дорога, але її недоліки окупаються низкою незаперечних переваг, таких як відмінна стійкість на слизькому покритті, найбільш повна реалізація потенціалу двигуна, підвищена прохідність.

Оцінку досконалості компонувальної схеми виконують за такими показниками: матеріаломісткість, прохідність, легкість керування, комфортабельність, оглядовість, гальмівні властивості, керованість, стійкість, маневреність, компактність, пасивна безпека, надійність, ремонтпридатність, простота конструкції, вартість виготовлення.

Контрольні запитання

1. Перерахуйте основні частини автомобіля, автобуса.
2. Призначення двигуна автомобіля.
3. Призначення і склад трансмісії.
4. Призначення і склад ходової системи.
5. Для чого служить кузов автомобіля?
6. Механізми управління та їх призначення.
7. Що називають шасі автомобіля?
8. Перелічте компонувальні схеми вантажного автомобіля.
9. Компонувальні схеми легкового автомобіля і автобуса.
10. Що містить технічна характеристика автомобіля?
11. Які переваги передньопривідних автомобілів порівняно з задньопривідними?
12. Чому популярні повнопривідні автомобілі?
13. За якими показниками виконують оцінку досконалості компонувальної схеми?

Лабораторна робота 2

ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити типи двигунів, що застосовуються на автомобілях; загальну будову, призначення та роботу основних механізмів і систем.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції двигунів автомобілів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкції сучасних двигунів;
- двигуни в розрізі;
- автомобілі.

Завдання до роботи:

- визначити типи двигунів, які використовують у цей час на сучасних автомобілях;
- вивчити складові частини двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), виділити складові механізми і системи. Вказати їх призначення;
- вивчити та подати в звіті основні поняття і визначення ДВЗ;
- вивчити робочі цикли ДВЗ;
- охарактеризувати ДВЗ відповідно до завдання та подати його дані і характеристики.

Основні поняття та терміни

Двигун – машина, яка перетворює будь-який вид енергії в механічну роботу. На багатьох автомобілях встановлено теплові поршневі ДВЗ. Теплота, що виділяється при згорянні палива в їх циліндрах, перетворюється в механічну енергію, яка використовується для руху автомобіля і трактора.

Класифікація двигунів. ДВЗ класифікують за такими ознаками:

- призначенням – транспортні та стаціонарні;
- способом здійснення робочого циклу – чотири- та двотактні;
- способом сумішоутворення – із зовнішнім сумішоутворенням (бензинові та газові) й внутрішнім сумішоутворенням (бензинові та дизелі);

– способом займання робочої суміші – з примусовим запалюванням від електричної іскри (бензинові, газові та ін.) і запалюванням від стиснення, тобто самозаймання (дизелі);

– застосовуваним паливом – працюють на бензині, важкому дизельному паливі (дизелі), стислому або зрідженому газі, інших видах палива;

– числом циліндрів – одно- та багатоциліндрові (2-, 3-, 4-, 6-, 8-циліндрові і т. д.);

– розташуванням циліндрів – однорядні з вертикальним розташуванням циліндрів або з нахилом осі циліндрів до вертикалі на 20...40°; V-подібні дворядні з розташуванням циліндрів під кутом та опозитні з протилежним горизонтальним розташуванням циліндрів під кутом 180°;

– способом наповнення циліндрів свіжим зарядом – без наддуву і з наддувом;

– способом охолодження – з рідинним і повітряним охолодженням

Складові частини двигунів

Поршневий ДВЗ включає:

– кривошипно-шатунний механізм (КШМ), який сприймає тиск газів і перетворює прямолінійний зворотно-поступальний рух поршня в обертальний рух колінчастого валу;

– механізм газорозподілу (ГРМ), призначений для своєчасного відкриття і закриття клапанів, що необхідно для впуску в циліндр горючої суміші (бензинові і газові двигуни) або повітря (дизелі) та випуску відпрацьованих газів;

– систему живлення, що служить для подачі окремо палива і повітря в циліндри дизеля або приготування горючої суміші з дрібно розпорошеного палива та повітря і подачі суміші в циліндри бензинового або газового двигуна;

– систему охолодження, що забезпечує нормальний тепловий режим двигуна;

– мастильну систему, яка служить для подачі мастильного матеріалу до тертьових поверхонь з метою зменшення тертя, зниження зносу і відведення теплоти від контактуючих поверхонь;

- систему запалювання, що забезпечує займання робочої суміші в бензинових і газових двигунах;
- систему пуску, яка служить для обертання колінчастого вала двигуна при його пуску.

Основні поняття та терміни

Основні параметри двигуна: діаметр циліндра, хід поршня і число циліндрів.

При одному оберті колінчастого вала двигуна (рис. 2.1) поршень робить один хід вниз і один хід уверх. Зміна напрямку руху поршня в циліндрі відбувається в двох крайніх точках, що називаються мертвими. Крайнє верхнє положення поршня вважають верхньою мертвою точкою (в.м.т.), крайнє нижнє його положення – нижньою мертвою точкою (н.м.т.).

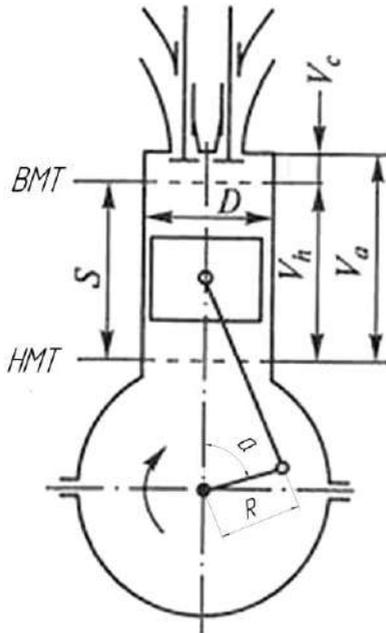


Рисунок 2.1 – Схема для визначення основних параметрів двигуна

Відстань, яку проходить поршень від в.м.т. до н.м.т., називається ходом поршня S , що дорівнює подвоєному радіусу R кривошипа: $S = 2R$. При переміщенні поршня від однієї мертвої точки до іншої колінчастий вал повертається на кут 180° , тобто здійснює половину оберту.

Простір над днищем поршня при перебуванні його у в.м.т. являє собою камеру згоряння. Її об'єм позначають V_c . Простір циліндра між двома мертвими точками (н.м.т. і в.м.т.) називають робочим об'ємом і позначають V_h . Сума об'єму камери згоряння V_c і робочого об'єму становить повний об'єм циліндра, позначається V_a .

Робочий об'єм циліндра, см^3 або л:

$$V_h = \pi D^2 S / 4,$$

де D – діаметр циліндра, см або дм.

Суму всіх робочих об'ємів циліндрів багатоциліндрового двигуна називають робочим об'ємом двигуна або літражем:

$$V_d = iV_h,$$

де i – число циліндрів.

Відношення повного об'єму циліндра V_a до об'єму камери згоряння V_c є ступінь стиснення:

$$\varepsilon = (V_c + V_h) / V_c.$$

Ступінь стиснення – це безрозмірна величина, що показує, у скільки разів зменшується об'єм робочої суміші або повітря, що знаходяться в циліндрі, при переміщенні поршня від н.м.т. до в.м.т. Чим вище ступінь стиснення, тим більше температура та тиск робочої суміші в кінці стиснення.

Зі збільшенням ступеня стиснення підвищуються потужність і паливна економічність двигуна.

Різні види рідких і газоподібних палив мають різні температури самозаймання, тому вид палива, на якому працює двигун, визначає межі

його ступеня стиснення. Автомобільні двигуни, що працюють на бензині (бензинові двигуни), мають ступінь стиснення в межах 6...10, на газу – 7...9, а дизелі – 15...20.

Варіанти виконання камер згоряння. Різні форми камер згоряння бензинових та дизельних двигунів показані на рис. 2.2 – 2.4. Застосовують два види камер згоряння: нерозділені (рис. 2.2 I, II, III, IV, V, VII) та розділені (рис. 2.2 VI, VIII). Від форми камери згоряння залежить характер розвитку процесу згоряння. Основні вимоги до конструкції камер згоряння полягають у забезпеченні якісного наповнення циліндра та ефективності перебігу процесу згоряння.

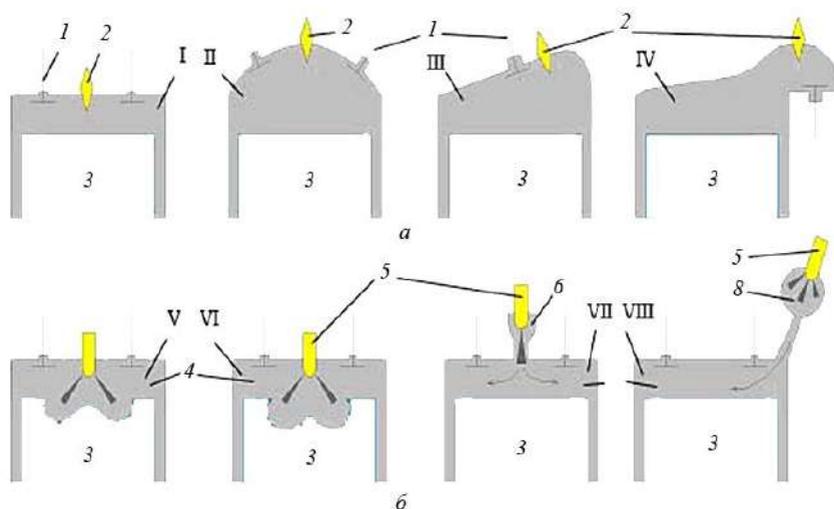


Рисунок 2.2 – Форми камер згоряння:

- a* – бензинових двигунів; *б* – дизелів; I – циліндрична; II – півсферична;
 III – клинова; IV – зміщена (Г-подібна); V та VI – нерозділені;
 VII та VIII – розділені; 1 – клапан; 2 – свічка запалювання; 3 – поршень;
 4 – камері згоряння; 5 – форсунка; б – передкамера; 7 – основна камера;
 8 – вихрова камера

Камери згоряння оцінюють за такими показниками:

– можливістю якісного газообміну, що залежить від розміщення та прохідних перерізів клапанів;

- відношенням поверхні камери згоряння до її об'єму, що пов'язано з тепловими втратами;
- характером переміщення потоків суміші у камері згоряння;
- можливістю підвищення ступеня стиснення та зменшення детонації.

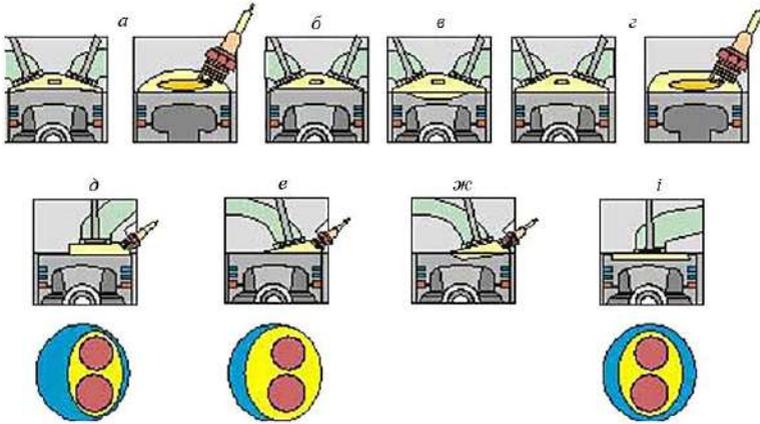


Рисунок 2.3 – Найбільш поширені конструкції камер згоряння бензинових двигунів:

- а* – півсферична; *б* – півсферична з витискувачем; *в* – сферична; *г* – шатрова;
- д* – плоскоовальна; *е* – клинова; *ж* – півклинова з частиною камери в поршні;
- і* – циліндрична камера згоряння в поршні

Робочі цикли ДВЗ

Робочий цикл двигуна – це комплекс послідовних процесів усередині циліндра, в результаті яких енергія палива перетворюється в механічну роботу.

Такт – це частина робочого циклу, за час якого відбувається рух поршня від однієї мертвої точки до іншої, тобто за один хід поршня.

Чотиритактними називають двигуни, в яких робочий цикл здійснюється за два оберти колінчастого вала, або за чотири ходи поршня. Двотактними називають двигуни, в яких робочий цикл відбувається за один оберт колінчастого вала, або за два ходи поршня.

Робочий цикл бензинового чотиритактного двигуна складається з послідовно протікаючих тактів впуску, стиснення, розширення і випуску.

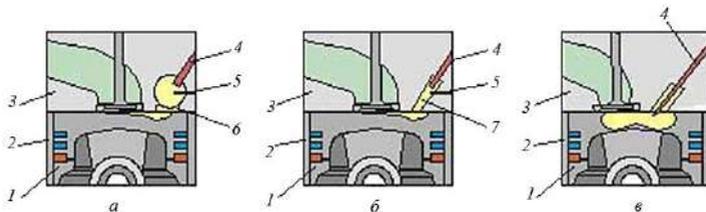


Рисунок 2.4 – Камери згорання дизелів:

a – вихорокамерні; *б* – передкамерні; *в* – з безпосереднім упрорскуванням палива;

1 – поршень; 2 – блок (гільза) циліндрів; 3 – головка; 4 – форсунка;
5 – свічка розжарювання; 6 – кришка форкамери; 7 – передкамера

Такт впуску (рис. 2.5, *a*). Поршень *б* рухається від в.м.т. до н.м.т., створюючи розрідження в порожнині циліндра *з* над поршнем. Впускний клапан *7* відкритий, і циліндр через вхідну трубу та карбюратор сполучається з атмосферою. Під дією різниці тисків у атмосфері та циліндрі повітря, проходячи через карбюратор, розпоршує паливо і, змішуючись із ним, утворює горючу суміш. Циліндр *з* заповнюється горючою сумішшю після приходу поршня в н.м.т. До цього моменту часу впускний клапан закривається.

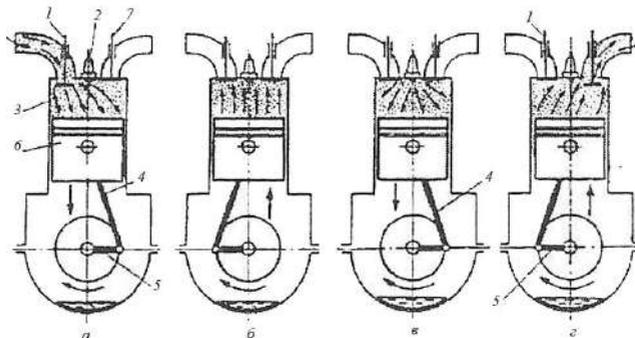


Рисунок 2.5 – Робочий цикл одноциліндрового чотиритактного бензинового двигуна:

a – такт впуску; *б* – такт стиснення; *в* – такт розширення; *г* – такт випуску;

1 – впускний клапан; 2 – іскрова свічка запалювання;
3 – циліндр; 4 – шатун; 5 – колінчастий вал; 6 – поршень; 7 – випускний клапан

На початку такту впуску, коли поршень був у в.м.т., над поршнем в об'ємі камери стиснення перебували залишкові продукти згоряння від попереднього циклу. Горюча суміш, заповнюючи циліндр, перемішується з залишковими газами й утворює робочу суміш. Тиск у кінці такту впуску 0,07...0,09 МПа, температура робочої суміші 330...390 К.

Такт стиску (рис. 2.5, б). При подальшому повороті колінчастого вала 5 поршень рухається від н.м.т. до в.м.т. При цьому впускний і випускний клапани закриті. Поршень у процесі руху стискає робочу суміш, що знаходиться в циліндрі. У такті стиснення складові частини робочої суміші добре перемішуються і нагріваються. Тиск у кінці такту збільшується до 0,9...1,2 МПа, а температура - до 500...700 К. У кінці такту стиснення на електродах свічки 2 створюється електрична іскра, від якої робоча суміш запалюється. У процесі згоряння палива виділяється велика кількість теплоти, в результаті чого температура газів підвищується до 2700 К, а тиск – до 3,0 ... 4,5 МПа.

Такт розширення (робочий хід; рис. 2.5, в). Обидва клапани закриті. Під тиском розширюваних газів поршень рухається від в.м.т. до н.м.т. і через шатун 4 приводить в обертання колінчастий вал 5, здійснюючи корисну роботу. До кінця робочого ходу тиск зменшується до 0,3...0,4 МПа, а температура – до 1200...1500 К.

Такт випуску (рис. 2.5, г). Коли поршень 6 підходить до н.м.т., відкривається випускний клапан 7 і відпрацьовані гази під дією надлишкового тиску починають виходити з циліндра в атмосферу через випускную трубу. Далі поршень рухається від н.м.т. до в.м.т. і виштовхує з циліндра відпрацьовані гази. До кінця такту випуску тиск у циліндрі становить 0,11...0,12 МПа, а температура – 700...1100 К.

Далі робочий цикл повторюється.

Робочий цикл чотиритактного дизеля. На відміну від бензинового двигуна в циліндр дизеля повітря і паливо вводяться окремо.

Такт впуску (рис. 2.6, а). Поршень 5 рухається від в.м.т. до н.м.т., впускний клапан 1 відкритий. У циліндр 4 під дією перепаду тиску в атмосфері та циліндрі надходить повітря, змішуючись із залишковими газами. Тиск в кінці такту 0,08...0,09 МПа температура повітря 320...340 К.

Такт стиснення (рис. 2.6, б). Обидва клапани закриті. Поршень 5 рухається від н.м.т. до в.м.т., стискаючи повітря. Через великий ступінь стиснення (14...18) тиск у кінці цього такту досягає 3,5...4 МПа, а температура – 750...950 К (перевищує температуру самозаймання палива).

У циліндр через форсунку 2 вприскується рідке паливо, що подається насосом 6 високого тиску. Форсунка забезпечує тонке розпилення палива в стислому повітрі. Паливо, яке вприснуто в циліндр, змішується з нагрітим повітрям і залишковими газами, утворюючи робочу суміш. Велика частина палива запалюється та згорає. Температура газів досягає 1900...2400 К, а тиск – 5,5...9 МПа.

Такт розширення (робочий хід; рис. 2.6, в). Обидва клапани закриті. Поршень 5 під тиском розширювальних газів рухається від в.м.т. до н.м.т. і через шатун обертає колінчастий вал, здійснюючи корисну роботу. На початку такту згорає інша частина палива. До кінця робочого ходу тиск газів зменшується до 0,2...0,3 МПа, температура – до 900...1200 К.

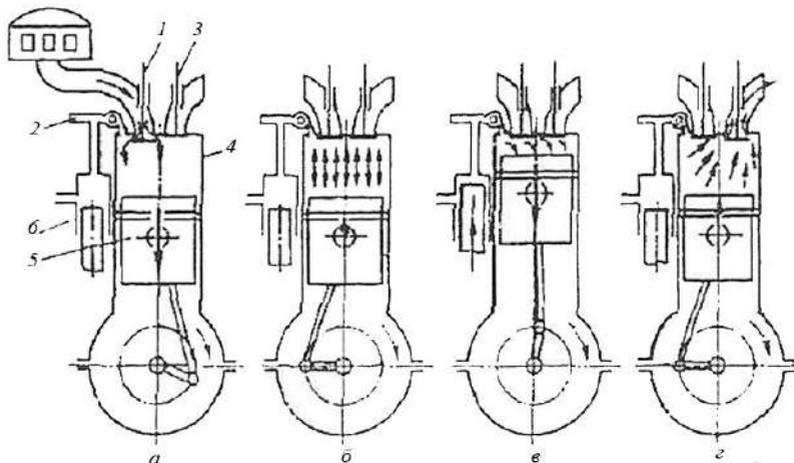


Рисунок 2.6 – Робочий цикл одноциліндрового чотиритактного дизеля:
a – такт впуску; *б* – такт стиснення; *в* – такт розширення; *г* – такт випуску;
 1 – впускний клапан; 2 – форсунка; 3 – випускний клапан;
 4 – циліндр; 5 – поршень; 6 – паливний насос високого тиску

Такт випуску (рис. 2.3, з). Випускний клапан 3 відкривається. Поршень 5 рухається від н.м.т. до в.м.т. і через відкритий клапан виштовхує відпрацьовані гази з циліндра в атмосферу. До кінця такту тиск газів становить 0,11...0,12 МПа, температура – 650...900 К.

Далі робочий цикл повторюється.

При робочому ході поршень переміщується під тиском газів і за допомогою шатуна приводить в обертальний рух колінчастий вал. При виконанні тактів випуску, впуску і стиснення поршень потрібно переміщати, обертаючи колінчастий вал. Цей процес здійснюється і за рахунок кінетичної енергії, накопиченої масивним маховиком під час робочого ходу.

Порівняння показників дизельних і бензинових двигунів

Дизель порівняно з бензиновим двигуном має переваги: для виконання одиниці роботи витрачає в середньому на 25...30 % (за масою) менше палива; використовуване паливо менш вогнебезпечне.

Високий тиск газів у циліндрі дизеля вимагає деталі підвищеної міцності, що збільшує розміри і масу дизеля. Пуск у зимовий час утруднений.

Двотактні двигуни менш економічні, ніж чотиритактні.

Контрольні запитання

1. Які двигуни та їх комбінації використовуються на автомобілях?
2. Скільки механізмів і систем у конструкції ДВЗ?
3. Призначення механізмів ДВЗ. Призначення систем ДВЗ.
4. Які основні параметри ДВЗ?
5. Що являє собою робочий цикл, такт ДВЗ?
6. Робочий цикл бензинового ДВЗ.
7. Робочий цикл дизельного ДВЗ.
8. У чому відмінності 4- і 2- тактних ДВЗ?
9. Як змінюється тиск і температура за цикл?
10. Як визначити ступінь стиснення ДВЗ?
11. Який ступінь стиснення у ДВЗ, які використовують на автомобілях?
12. Чи змінюється ступінь стиснення в процесі експлуатації ДВЗ?
13. Переваги та недоліки двотактних двигунів.
14. У якого ДВЗ вищий ККД? Які наслідки цього в експлуатації автомобілів?

Лабораторна робота 3

ЕЛЕКТРОДВИГУНИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ І ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити будову та роботу сучасних електродвигунів і гібридних автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з електродвигунів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій електродвигунів;
- електродвигуни в розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити будову та конструктивні особливості електродвигунів;
- вивчити призначення та взаємодію основних елементів вузла;
- вивчити особливості електродвигунів електромобілів і гібридних автомобілів;
- подати дані, характеристики електродвигунів електромобілів і гібридних автомобілів за завданням викладача, структуру системи перетворення напруги для живлення електродвигуна.

Основні положення

У цей час як електродвигуни електромобілів використовуються традиційні синхронні, синхронні реактивні та асинхронні безщіткові електродвигуни змінного трифазного струму. У безщітковому електродвигуні електрична енергія перетворюється на механічну завдяки зміні полярності. У таких електродвигунах потрібно подавати постійну напругу на обмотки статора певні інтервали часу, імітуючи роботу колектора. Для цього передбачено блоки керування (комутатори) або цю функцію виконує інвертор. Транзистори за сигналами процесора, на підставі сигналів, одержуваних від датчиків Холла або трансформатора, в залежності від частоти обертання і положення вала ротора, перемикають обмотки статора, створюючи обертове магнітне поле, яке взаємодіє з полем магнітів ротора. Як правило, у конструкції статора безщіткового електродвигуна використовуються три пари обмоток, і напруга на них подається по черзі. При подачі напруги на першу пару обмоток якір із постійними магнітами повертається, вирівнюючи своє положення відповідно до напрямку силових ліній магнітного поля, що

виникло. У цей момент напруга з першої пари обмоток знімається та подається на другу пару. Оскільки якір електродвигуна має певний момент інерції, він не зупиняється моментально, а продовжує своє обертання, і його магніти починають взаємодіяти з наступним магнітним полем. Так продовжується доти, доки на обмотки статора по черзі подається напруга.

Синхронний електродвигун – це електричний двигун, що працює від змінного струму. Головна особливість такого двигуна полягає в тому, що в його роторі застосовується постійний магніт, або електромагніт (обмотка з подачею живлення), який постійно взаємодіє з обертовим магнітним полем ротора, що створює обертання ротора рівним частоті обертання магнітного поля. Синхронні електродвигуни зазвичай застосовують, якщо необхідна потужність має перевищувати 100 кВт. Розглянемо синхронні електродвигуни легкового автомобіля *JAGUAR I-PACE*. У електромобіля може бути встановлений один або два ходові електродвигуни. Наприклад, в *JAGUAR I-PACE* встановлено два ходові електродвигуни розшташовані на передній і задній осі (рис. 3.1). Це дозволяє здійснювати розгін до 100 км/год за 4,5 с.

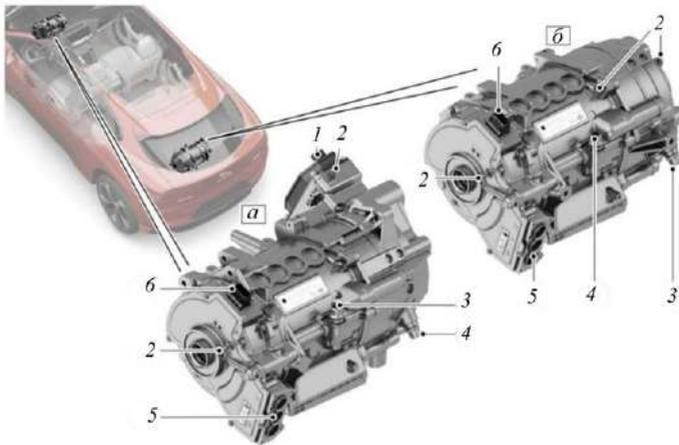


Рисунок 3.1 – Розташування електродвигунів у *JAGUAR I-PACE*:

a – передній блок електроприводу; *б* – задній блок електроприводу;

1 – рознім джгута проводів стоянкового приводу; *2* – з’єднання сапуна блокування; *3, 4* – з’єднання охолодної рідини; *5* – рознім трифазного кабелю до відповідного інвертора; *6* – рознім джгута проводів 12 В

У рух електромобіль приводять два синхронні блоки електроприводу (*EDU*) з постійними магнітами, вбудовані в передню та задню вісь. Кожен блок оснащений одноступеневою коробкою передач із планетарним редуктором і відкритим диференціалом, пов'язаним безпосередньо з електродвигуном. Кожне колесо приєднано до коробки за допомогою півосі, забезпечуючи можливість повного приводу. *EDU* забезпечує потужність 147 кВт і крутний момент 348 Н·м від кожного електродвигуна. Кожен електродвигун приєднується до інвертора. Інвертор керує роботою електродвигуна відповно вхідних сигналів педалей прискорення та гальма. Синхронні електродвигуни з постійними магнітами (рис. 3.2) використовують ротор із постійними магнітами, які синхронізуються з електромагнітним полем, створеним на обмотках статора. Якщо прикладати трифазний змінний струм до обмоток статора в послідовності, яка поступово змінює полярність кожної обмотки, то навколо статора створюється обертове електромагнітне поле. Положення ротора збігається з цим обертовим електромагнітним полем, яке притягує магнітне поле ротора, змушуючи ротор обертатися. Коли ротор і магнітні поля обертового статора повністю синхронізовані, швидкість обертання ротора прямо пропорційна прикладеній до нього частоті змінного струму. У цьому стані електродвигун виробляє максимальну потужність.



Рисунок 3.2 – Синхронний електродвигун електромобіля з постійними магнітами:

1 – ведуча шестерня коробки; 2 – постійний магніт передач;

3 – ротор; 4 – обмотки статора

На рис. 3.3 показаний процес обертання простого синхронного електродвигуна з постійним магнітом, що обертається за годинниковою стрілкою.

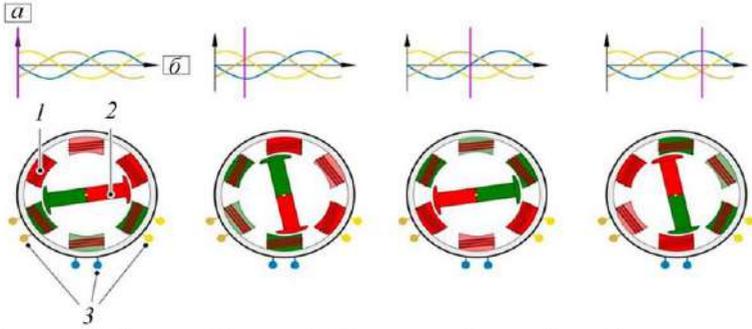


Рисунок 3.3 – Принцип роботи синхронного електродвигуна:

a – напруга/амплітуда; *b* – час;

1 – обмотки статора; 2 – ротор; 3 – трифазне з'єднання

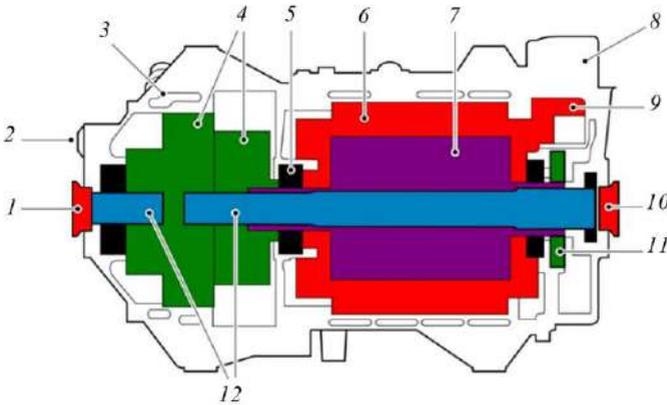


Рисунок 3.4 – Схема синхронного блока електроприводу:

1 – сальник півосі; 2 – пробка маслозаливної горловини EDU; 3 – сорочка охолоджної рідини; 4 – коробка передач і диференціал;

5 – підшипник; 6 – статор; 7 – ротор; 8 – корпус; 9 – трифазне з'єднання;

10 – сальник півосі; 11 – датчик положення кільця резольвера;

12 – привід півосі

Трифазний змінний струм, що подається на обмотки статора, регулюється для переходу від одного набору обмоток до наступного, і ротор обертається з тією самою швидкістю. Величина та фаза струму, що подається на обмотки статора, пропорційні вихідній потужності двигуна, тому для забезпечення ефективності електродвигуна потрібне точне керування. Датчик положення кільця резольвера *II* (див. рис. 3.4) використовується для точного визначення швидкості та положення ротора щодо обертового електромагнітного поля, щоб забезпечити повне керування виходом електродвигуна.

Резольвер – це обертовий трансформатор, принципом роботи якого є перетворення кута повороту в електричну напругу. Як вимір застосовується амплітуда напруги, яка пропорційна куту, або є функцією синус (косинус) кута. За допомогою їхнього принципу роботи визначається актуальне положення ротора електродвигуна, за допомогою цього можна визначити, наприклад, швидкість обертання вала двигуна. Під час роботи резольвера між його обмотками наводяться ЕРС, амплітуда і фаза яких залежа від положення ротора резольвера, на якому розташована одна (або кілька) з обмоток електродвигуна змінного струму. При роботі резольвера, в межах одного повного оберту ротора, форма амплітуд ЕРС вторинних обмоток резольвера характеризує кут повороту ротора. Вихідний сигнал резольвера подається безпосередньо до інвертора. Потім інвертор подає належну частоту та напругу до котушок статора. Крім того, інвертор використовує інформацію про положення, щоб гарантувати, що ротор постійно залишається синхронізованим з обертовим магнітним полем. Крутний момент створюється тоді, коли магнітне поле ротора відстає від магнітного поля обертового статора. Оскільки постійні магніти завжди намагаються наздогнати магнітне поле обертового статора, обертаючи вал ротора, а значить приводячи в рух електромобіль. Синхронізація вхідного сигналу змінного струму є випереджальною щодо положення ротора, чим більше це випередження вхідного сигналу, тим більший створюваний крутний момент. Однак надто сильне випередження вхідного сигналу змінного струму призведе до того, що магнітні поля виходитимуть із режиму синхронізації, й електродвигун зупиниться. Синхронізація вхідного

сигналу змінного струму може відставати від положення ротора. Діюче обертове магнітне поле, намагається обертати ротор у протилежному напрямку, створюючи регульований гальмівний момент. Саме в цьому стані кінетична енергія гальмування перетворюється на електричну енергію, електродвигун стає генератором. Коли ротор переміщається навколо статора, магнітне поле ротора проходить через статорну обмотку, індукуючи трифазний змінний струм. Частота обертання ротора та сила поля обмоток статора пропорційні потужності генератора.

Роботою кожного *EDU* керує підключений інвертор залежно від запиту крутного моменту, що видається блоком керування силовим агрегатом. Інвертор перемикає *EDU* між режимами електродвигуна та генератора з потреби. Коли *EDU* працює в режимі електродвигуна, інвертор отримує постійний струм від високовольтної акумуляторної батареї та перетворює його на трифазний змінний струм. Високовольтний змінний струм подається на трифазні обмотки статора електродвигуна. Дані датчика положення резольвера використовуються для керування фазою трифазного змінного струму. Інвертор розділяє трифазний змінний струм високої напруги на *EDU* залежно від вимог до крутного моменту. Інвертор і *PCM* обмінюються даними через мережу по шині *FlexRay*. При роботі в режимі гальмування рекуперативного *EDU* генерує трифазний змінний струм для інвертора. Інвертор випрямляє змінний струм у постійний і регулює напругу для заряджання високовольтної акумуляторної батареї. Інвертор керує електричною енергією, відновленою під час рекуперативного гальмування, та регулює ефект гальмування на передніх і задніх колесах. Дані для величини гальмування, необхідного кожного *EDU*, відправляються в інвертор з *PCM* по шині мережі *FlexRay*.

Синхронні реактивні електродвигуни із внутрішнім постійним магнітом (СинРМ). Для електромобіля найбільше значення має його пусковий момент, від якого залежить час рушання електромобіля. В існуючих асинхронних електродвигунах, які застосовуються для електромобілів, пусковий момент не є ефективним. Крім того, недоліком синхронного електродвигуна є те, що при тривалих поїздках на високій швидкості втрачається 3–4 % потужності на вироблення струму в

стрижнях ротора. Щоб усунути ці недоліки, нині фірма *Tesla* розпочала виробництво своїх автомобілів синхронних електродвигунів, у яких використовується як електромагнітний, так і реактивний впливи на ротор електродвигуна. Такі двигуни одержали назву «синхронні реактивні двигуни». У таких двигунах взаємодія магнітних полів ротора і статора змушує ротор обертатися. Якщо повернути магнітне поле статора на 45° щодо ротора, то ротор отримує максимальний крутний момент. Це пов'язано з тим, що сили тяжіння і відштовхування (штовхальне зусилля магнітного поля статора і зусилля магнітного поля тягового ротора) проходять майже по дотичній до ротора і створюють крутні моменти практично в одному напрямку. Це видно з прикладу штовхання м'яча горизонтальною площиною (рис. 3.5, *a*, *в*). При однаковому напрямку штовхальних і тягнучих сил, загальна сила, що пересуває м'яч, буде більшою за сумарну силу при положенні тягнучої сили під кутом. Недоліком електродвигуна з постійними магнітами є також те, що при русі електромобіля рівною поверхнею постійною високою швидкістю силові лінії, створювані постійними магнітами, перетинають витки обмотки статора, створюючи там зворотну електромагнітну силу. Чим вища частота обертання ротора, тим сильнішою стає зворотна електромагнітна сила, що знижує ефективність роботи електродвигуна і збільшує його нагрівання. Цих недоліків позбавлені синхронні електричні реактивні двигуни.

Принцип роботи реактивного синхронного двигуна полягає у такому. Відомо, що залізо порівняно з повітрям добре утримує магнітні силові лінії магнітного поля. У зв'язку з цим, якщо в залізному роторі зробити прорізи, то від положення ротора опір магнітним силовим лініям змінюватиметься, збільшуючись чи зменшуючись, залежно від того, в чому вони проходять – у залізі чи повітрі (рис. 3.6). У положенні ротора (рис. 3.6, *a*) опір магнітним силовим лініям буде високий, тому що вони проходять через залізо, а в положенні (рис. 3.6, *б*), при якому ротор повернутий на 45° – низьким. Ротор завжди має тенденцію переходити в положення, коли опір магнітного поля буде низьким, обертаючись разом із ним. Таким чином, ротор може завжди знаходитися в положенні, коли магнітне поле має низький опір, при цьому швидкість обертання ротора

збігатиметься зі швидкістю обертання магнітного поля статора. Крутний момент при цьому режимі електродвигуна називають реактивним моментом, а електродвигуни, в яких використовується цей принцип роботи, називають синхронними реактивними електродвигунами, пристосованими для високих швидкостей руху електромобіля.

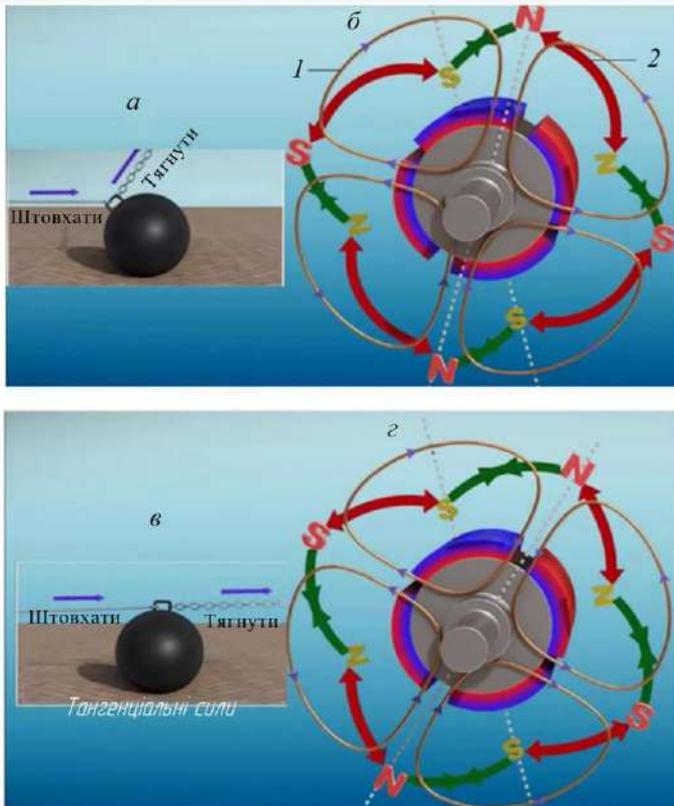


Рисунок 3.5 – Схема дії магнітних сил:

a – тягнуча та штовхальна сили під різними кутами; *б* – магнітне поле статора збігається з магнітним полем ротора; *в* – тягнуча та штовхальна сили під одним кутом; *г* – магнітне поле статора, розташоване під кутом 45° щодо магнітного поля ротора; *1* – магнітне поле статора; *2* – магнітне поле ротора

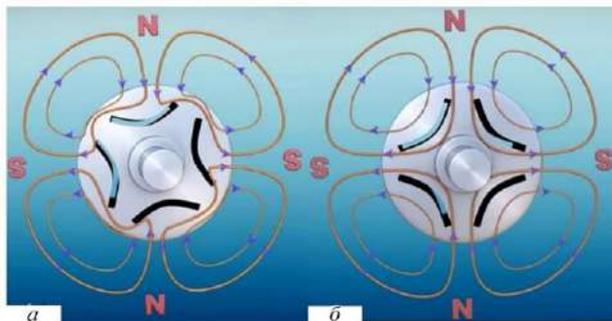


Рисунок 3.6 – Стан магнітних силових ліній залежно від положення ротора:
a, б – високий та низький опір магнітним силовим лініям, відповідно

Для того щоб об'єднати позитивні особливості роботи синхронних електродвигунів, що використовують можливість отримання максимального крутного моменту, а також синхронних реактивних електродвигунів, що використовують можливість отримання низького опору магнітного поля і через це зменшення зворотної електромагнітної сили при русі електромобіля з високими швидкостями руху, конструктори *Tesla* створили новий електродвигун. Такий електродвигун встановлюється на моделі електромобілів *Tesla M3* (рис. 3.7).

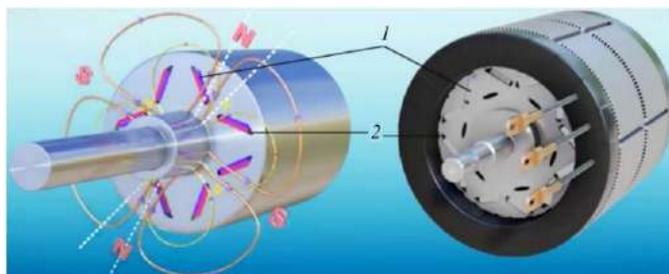


Рисунок 3.7 – Електродвигун *Tesla M3*

Зміна моменту наведено на рис. 3.8. У початковий момент (точка 1, крива *a*) ротор не обертається і крутний момент, дорівнює нулю. Якщо магнітне поле статора повертається на кут 45° (точка 2, крива *a*), крутний момент

діє на постійні магніти за годинниковою стрілкою завдяки впливу магнітного поля статора. Під цим кутом досягається максимальний крутний момент від постійних магнітів. Поворот магнітного поля ще на 45° (точка 3, крива *a*) призведе до того, що крутний момент, який обертає ротор, прямує до нуля.

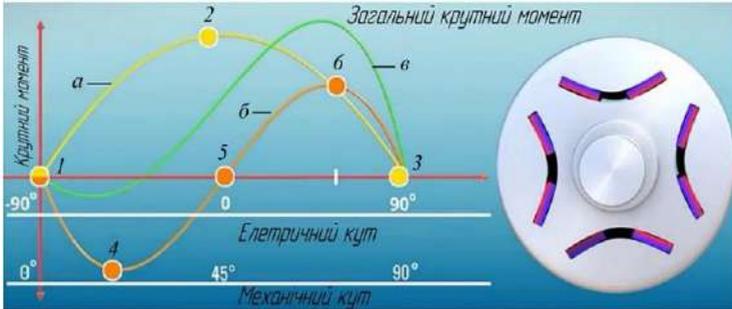


Рисунок 3.8 – Графік зміни крутного моменту:

a, *б* – вплив магнітного поля статора та ротора на зміну крутного моменту, відповідно; *в* – сумарний крутний момент

Залізна частина ротора надає протилежний вплив зміну крутного моменту (крива *б*). При початковому куті крутний момент дорівнює нулю, тому що це незрівноважена і симетрична поведінка магнітного поля статора. Зміщуючи магнітне поле статора за годинниковою стрілкою, ротор відчуватиме максимальний і негативний крутний момент (точка 4, крива *б*). При повороті магнітного поля статора на кут 45° крутний момент знову стає нульовим (точка 5, крива *б*), оскільки це знову симетричний випадок. При подальшому обертанні магнітного поля статора, створюваний реактивний крутний момент ротора стає позитивним (точка 6, крива *б*). З кривої графіка сумарного крутного моменту видно, що при куті магнітного поля статора близько 50° виходить максимальний крутний момент електродвигуна, тому при рушанні електромобіля з місця кут магнітного поля статора щодо магнітного поля ротора становить близько $45...50^\circ$. У міру збільшення швидкості руху електромобіля індукується зворотне магнітне поле на котушках статора. Щоб усунути цю проблему в електродвигуні *Tesla M3* при високих швидкостях руху електромобіля, магнітне поле статора

зрівнюється. При цьому магнітне поле постійного магніту (статора) слабшає до мінімуму, практично не створюючи реактивного моменту, і виникнення крутного моменту відбуватиметься за рахунок ефекту опору.

Розглянуті вище синхронні електродвигуни із внутрішнім постійним магнітом (СинРМ) мають ефективність до 96 %, водночас асинхронні двигуни – до 94 %. В асинхронних двигунах необхідна система охолодження ротора, в електродвигуні СинРМ ротор не гріється і необхідності в системі охолодження немає. Аналогічні види електродвигунів використовуються на гібридному автомобілі *Toyota Prius*. Різниця полягає у магнітах. У *Toyota Prius* використовуються цілісні магніти, у *Tesla M3* – складені. Ті, що складаються з чотирьох частин, дозволяють знизити вихрові струми, а значить і їх нагрівання, що оберігає також такі магніти від розмагнічування.

Асинхронні двигуни – електричний двигун змінного струму, частота обертання ротора якого дорівнює (у режимі руху менша) частоті обертання магнітного поля, створюваного струмом обмотки статора. Іноді асинхронні мотори називають індукційними, тому що в роторі, відповідно до закону Ленца, у них індуктується електромагнітна сила. Ротор обертається не синхронно з обертовим полем статора. Загальну будову асинхронного двигуна показано на рис. 3.9.

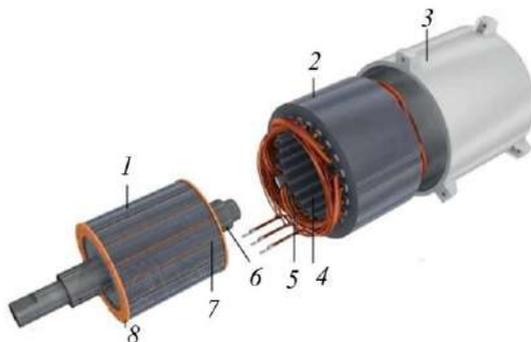


Рисунок 3.9 – Загальна будова асинхронного електродвигуна:

1 – ротор; 2 – статор; 3 – корпус; 4 – паз; 5 – обмотка;
6 – вал; 7 – стрижень; 8 – кільце

Асинхронний двигун складається з двох основних частин: короткозамкненого ротора 1 і статора 2, які встановлені в корпусі 3.

Основою статора є осердя, яке набирається з листів спеціальної електричної сталі. Листи ізолювані між собою та мають пази 4 з внутрішньої сторони. У пази осердя встановлюється ізоляція та укладається обмотка 5 з мідного ізолюваного спеціальним лаком проводу.

Аналогічно улаштований і ротор, осердя якого являє собою «біляче колесо» (рис. 3.10), закріплене на валу і таке, що складається з набору металевих мідних стрижнів 2, впаяних або залитих в осердя 1, замкнутих між собою кільцями 3. Для зменшення вищих гармонік ЕРС і пульсації поля, стрижні укладають не вздовж вала, а під певним кутом щодо осі обертання.

У роторі асинхронного двигуна під час запуску відсутній електричний струм. Однак після початку обертання магнітного силового поля статора воно впливає на металеві стрижні (обмотки) «білячого колеса», збуджуючи в ньому ЕРС. Після цього вже в роторі з'являється магнітне поле, яке взаємодіє з магнітним полем статора й електродвигун починає працювати в штатному режимі.

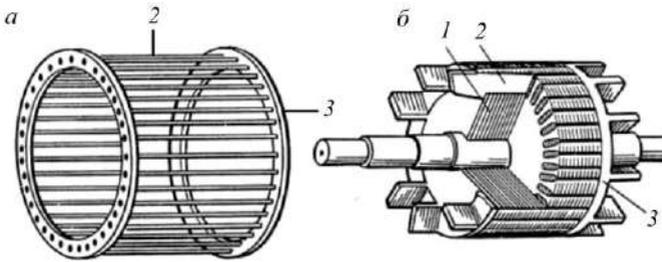


Рисунок 3.10 – «Біляче колесо» (а) та короткозамкнений ротор (б):

1 – сердечник; 2 – набір металевих стрижнів; 3 – кільце

Через втрати часу виникнення робочого магнітного поля ротора, його магнітне поле відстає від магнітного поля статора, тому такий двигун і називають асинхронним. Принцип дії асинхронного двигуна ґрунтується на силевій дії магнітного поля. Обертове магнітне поле, створюване струмами обмотки статора, індукує в обмотці ротора ЕРС. Оскільки

обмотка ротора завжди замкнена, то по ній під дією цієї ЕРС протікатимуть струми. Магнітне поле, що взаємодіє з цими струмами ротора, створює на його валу обертовий електромагнітний момент, який завжди спрямований у бік обертання магнітного поля. Під впливом цього ротор починає обертатися зі швидкістю n_2 . Відповідно до закону електромагнітної індукції, ЕРС в обмотці ротора індуктуватиметься лише в тому випадку, якщо площина витків обмотки не збігається з напрямком магнітного поля, тобто ротор обертається або повільніше, або швидше за поле. Відповідно до принципу дії асинхронної машини, швидкість обертання магнітного поля та швидкість обертання ротора завжди повинні бути різними: $n_2 \neq n_1$. Якби частота обертання ротора збігалася з частотою обертання магнітного поля статора, то в стрижнях ротора не створювалася б сила електродвигуна, а отже, і струм. З принципу дії випливає, що асинхронний двигун $n_2 < n_1$ (ротор відстає від магнітного поля), а у асинхронного генератора – $n_2 > n_1$ (ротор випереджає магнітне поле). Величина індуктованої ЕРС залежить від частоти перетину провідників обертовим магнітним полем. Тобто чим вища різниця між n_1 і n_2 , тим більшою буде величина ЕРС. Ротор обертатиметься з частотою n_2 , яка завжди відставатиме від синхронної частоти поля статора n_1 . Ця різниця між обома частотами і буде частотою ковзання $\Delta n = n_1 - n_2$. Ця нерівність є необхідною умовою появи електромагнітного моменту, що обертається в асинхронному двигуні. Тому електродвигун так і називається, оскільки обертання ротора відбувається несинхронно з полем статора. Поняття ковзання є відношенням частоти обертання до частоти поля. Ця величина S береться у відсотковому відношенні від частоти обертання магнітного поля. Відповідно, частота обертання ротора, що визначається за допомогою ковзання становитиме: $n_2 = n_1 (1 - S)$. Ротор асинхронного двигуна обертається у тому напрямі, як і його магнітне поле. У свою чергу напрям обертання поля залежить від послідовності фаз трифазної мережі. Змінити напрям обертання ротора можливо за рахунок зміни напрямку течії струму. Оскільки струм змінний, щоб знизити втрати через блукаючі струми осердя статора набирають із тонких сталевих пластин, ізольованих одна від одної

окаліною і скріплених лаком. На обмотки статора подають напругу живлення, струм, що протікає в них, називають струмом статора.

Типовим асинхронним трифазним двигуном оснащені, наприклад, відомі автомобілі *Tesla S* і *Tesla X*, він складається зі статора і ротора (рис. 3.11). Ротор являє собою набір електропровідних стрижнів 3, замкнених з торців дисками 2. Трифазний змінний струм подається на статор. Проходячи по обмотках струм створює обертове чотириполюсне магнітне поле 4, яке індукує струм у стрижнях ротора.

В асинхронному електродвигуні *Tesla* швидкість обертання ротора залежить від частоти обертання змінного струму. Змінюючи частоту змінного струму в (джерелі живлення) інверторі, можна змінити швидкість обертання ротора, а значить і ведучих коліс автомобіля.

Живлення електродвигуна здійснюється від частотно-регульованого

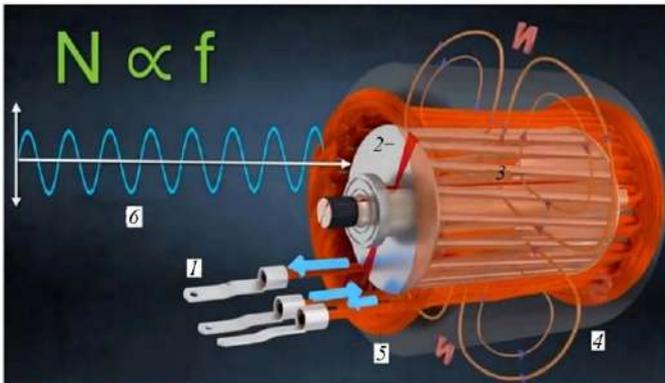


Рисунок 3.11 – Схема індукційного асинхронного електродвигуна:

- 1 – контактні клеми; 2 – диск; 3 – стрижень; 4 – полюсне магнітне поле;
- 5 – обмотка статора; 6 – імпульси струму; N – частота обертання вала ротора;
- f – частота змінного струму

приводу, який контролює частоту обертання (якоря) ротора від 0 до $18\,000\text{ хв}^{-1}$.

Живлення електродвигуна здійснюється від АКБ, що видає напругу близько 288 – 440 В, струм від якої передається в інвертор 3 (рис. 3.12).

Для роботи керування електродвигуном застосовується інвертор, який перетворює постійний струм батареї в трифазний змінний струм, а також збільшує та зменшує силу і частоту змінного струму, що дозволяє керувати швидкістю обертання магнітного поля статора, а значить, і швидкістю обертання ротора та пропорційно швидкістю обертання коліс електромобіля.

Змінюючи частоту струму, змінюють частоту обертання вала ротора, а значить, і швидкість руху електромобіля: змінюючи амплітуду, змінюють крутний момент. Щоб змінити напрямок обертання ротора, наприклад, отримання заднього ходу, змінюють фази.

Інвертор також змінює фази зміни напруги обертання ротора за необхідності руху заднім ходом.

Електромобіль має систему рекуперації енергії. Під час гальмування ротор обертається швидше за магнітне поле, й електродвигун починає працювати в режимі генератора. При цьому магнітне поле системи рекуперації починає протидіяти обертанню вала електродвигуна автомобіля, рекуперується енергія і заряджає акумуляторну батарею.

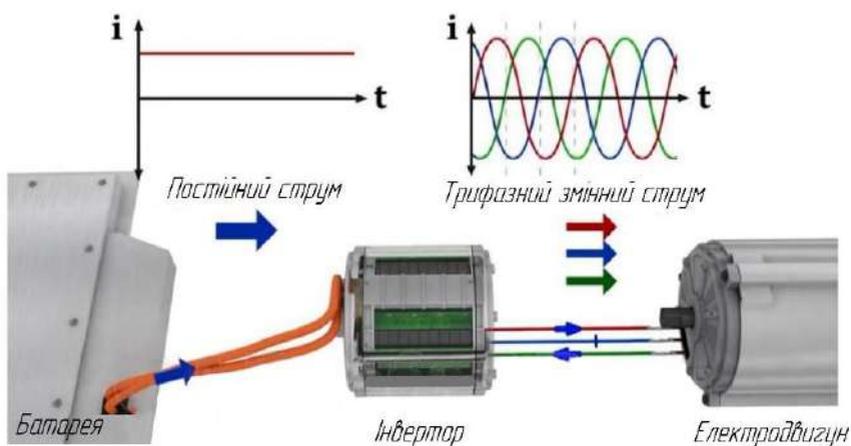


Рисунок 3.12 – Схема підключення інвертора до системи керування електродвигуном:

i – сила струму; t – час

Інвертор генерує електроенергію в котушки статора, утворюючи більше енергії, ніж потрібно для роботи електромобіля. Згенерований надлишок електрики після його перетворення на постійний струм йде на зарядання АКБ. Під час заряджання на ротор діє протиелектрорушійна сила, тому ведучі колеса автомобіля сповільнюються.

Контрольні запитання

1. Призначення електродвигуна при застосуванні на електромобілі та гібридному автомобілі;
2. Який електродвигун не надано у матеріалах роботи та чому?
3. Дайте класифікацію електродвигунів, що застосовуються на електромобілях для приводу ведучих коліс;
4. Наведіть схему підключення інвертора до системи керування електродвигуном.
5. Принцип роботи електродвигуна у режимі генератора.
6. Призначення інвертора при різних режимах руху машини.
7. Що означає синхронний електродвигун?
8. Що означає асинхронний електродвигун?
9. Для чого вводять у конструкцію електродвигуна постійні магніти?
10. Який ККД електродвигунів?
11. Принцип роботи реактивного синхронного електродвигуна.
12. Змінюючи частоту струму, що змінюється в електродвигуні електромобіля?

Лабораторна робота 4

КРИВОШИПНО-ШАТУННИЙ МЕХАНІЗМ ДВЗ

Мета роботи – вивчення сучасних конструкцій, основних параметрів деталей кривошипно-шатунного механізму (КШМ) двигуна внутрішнього згоряння.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції двигунів автомобілів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкції сучасних КШМ ДВЗ;
- двигуни в розрізі;
- презентації;
- анімації;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити складові частини КШМ;
- визначити їх призначення;
- визначити та класифікувати механізми і пристрої КШМ згідно з варіантом.

Загальні відомості

КШМ складається з двох груп деталей: *рухомих і нерухомих*.

До нерухомих деталей КШМ належать: блок циліндрів, вставні гільзи (за їх наявності), деталі установки вставних гільз, головка блока (або головки циліндрів), деталі установки й ущільнення колінчастого вала, піддон, кришки, прокладки, деталі кріплення.

До рухомих деталей КШМ належать: поршнева група, колінчастий вал у зборі і маховик.

Поршнева група складається з такого: поршня, поршневих кілець (компресійних і маслоснімних), поршневого пальця, стопорних кілець плаваючого поршневого пальця, шатуна з вкладишами.

Приклад взаємного розташування більшості нерухомих деталей КШМ V-подібних ДВЗ наведено на рис. 4.1.

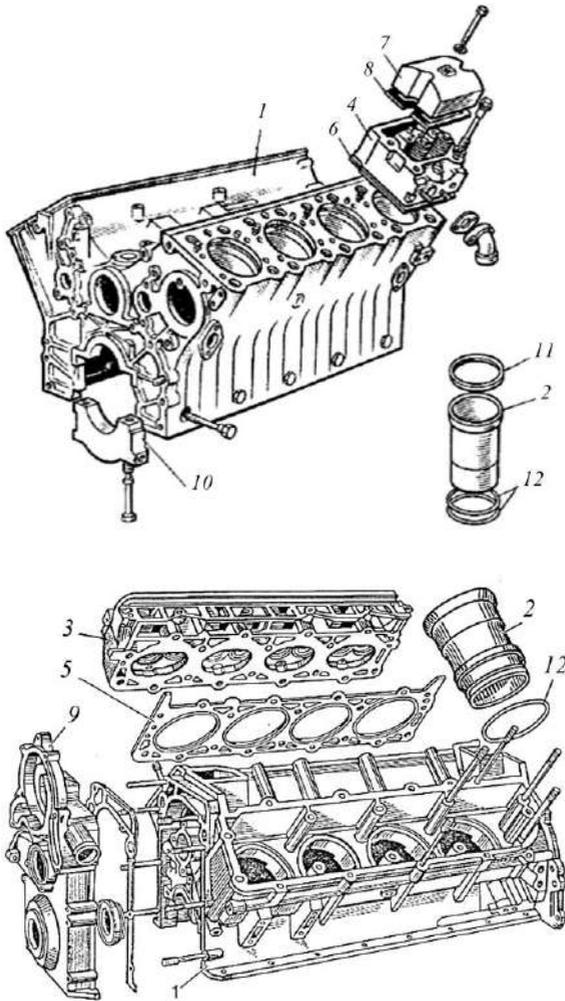


Рисунок 4.1 – Взаємне розташування основних нерухомих деталей КШМ:
 1 – блок циліндрів; 2 – гільза циліндра; 3 – головка блока; 4 – головка циліндра;
 5, 6 – прокладки головок блока і циліндра; 7 – кришка головки циліндра;
 8 – прокладка кришки; 9 – кришка шестерень; 10 – кришка корінного підшипника
 колінчастого вала; 11 – верхнє ущільнення гільзи циліндра; 12 – нижнє
 ущільнення гільзи циліндра

Основною базовою деталлю ДВЗ і КШМ є блок циліндрів (рис. 4.2). Залежно від конструкції ДВЗ у блоці розташовані циліндри, виконані у вигляді знімних або незнімних гільз.



Рисунок 4.2 – Блок циліндрів рядного чотирициліндрового двигуна

Велике поширення набула V-подібне компонування блоку циліндрів (рис. 4.3).

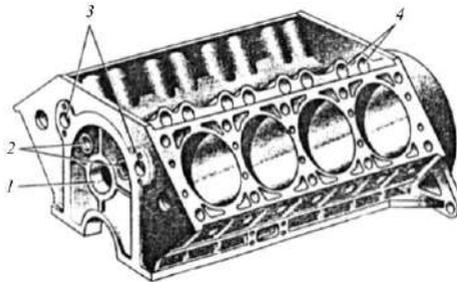


Рисунок 4.3 – Традиційний блок циліндрів V-подібного ДВЗ:

1 – постіль розподільного вала; 2 – заглушки поздовжніх масляних каналів; 3 – отвори системи охолодження; 4 – отвори для деталей газорозподільного механізму

Варіанти виконання вставних гільз у блоках циліндрів наведено на рис. 4.4.

Для підвищення зносостійкості верхньої частини циліндрів застосовують вставки (рис. 4.4, а) із зносостійкого чавуну. Гільзу

виконують із високоміцного чавуну або піддають об'ємному загартуванню. Успішно застосовуються для двигунів легкових автомобілів гільзи зі сплаву алюмінію з кремнієм. Таким самим способом виконують внутрішню поверхню гільз циліндрів у блоках з алюмінієвих сплавів, використовуючи карбід кремнію і нікель.

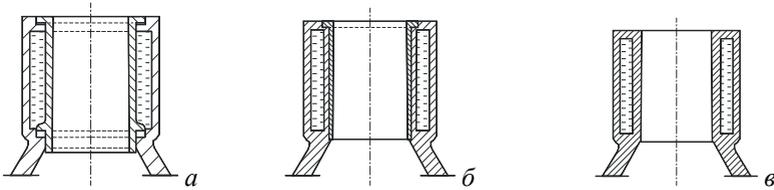


Рисунок 4.4 – Схеми розташувань гільз:

a – вставна «мокра» гільза циліндра; *б* – вставна «суха» гільза циліндра;
в – монолітна

Вставні гільзи у залежності від конструкції та установки в блок називають «мокрими» (див. рис. 4.4, *a*) або «сухими» (див. рис. 4.4, *б*).

Різновиди гільз ДВЗ із повітряним охолодженням показано на рис. 4.5. Ребра можуть бути виконані безпосередньо на гільзі (рис. 4.5, *a*) або виконуватися знімними (рис. 4.5, *б*).

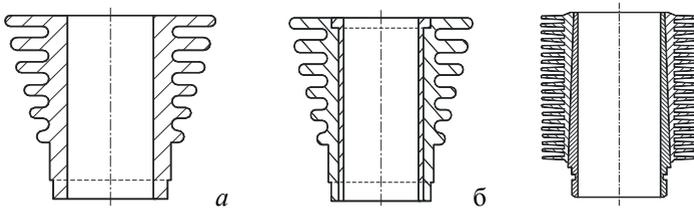


Рисунок 4.5 – Гільзи циліндрів ДВЗ із повітряним охолодженням:

a – суцільна; *б* – з складені гільзи

Найбільш часто застосовують головку блока. Зовнішній вигляд внутрішньої і зовнішньої поверхонь типової головки блока показано на рис. 4.6. Головка блока є складною деталлю КШМ, у ній розміщують, як правило, камеру згорання, впускні і випускні канали, деталі

газорозподільного механізму, систем живлення, запалювання, канали систем змащення й охолодження. Таким чином, головка блоку є багатофункціональною деталлю ДВЗ.

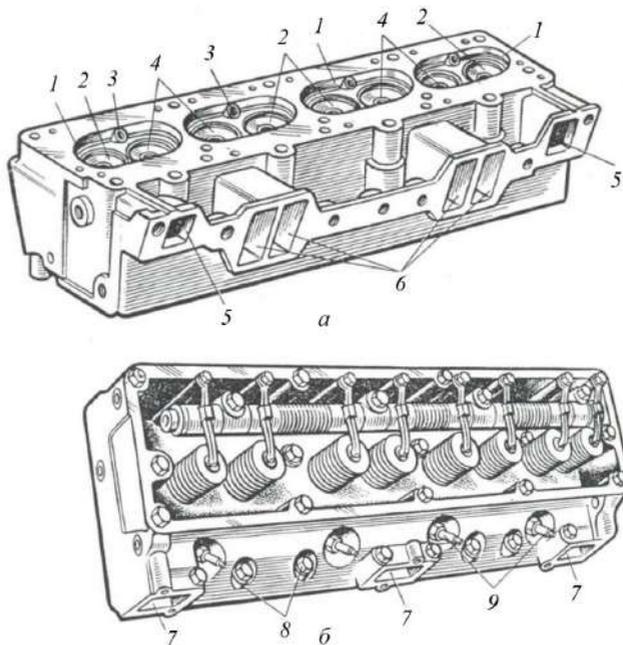


Рисунок 4.6 – Головка блока циліндрів:

a – вигляд знизу; *б* – вигляд зверху;

1 – камера згоряння; *2* – випусний клапан; *3* – різьбовий отвір під свічку запалювання; *4* – впускні клапана; *5* – отвір випуску газів; *6* – впускні отвори;

7 – отвори системи охолодження; *8* – болти кріплення головки;

9 – свічки запалювання

Для дизельних двигунів головки блока, як правило, виливають із легованого сірого чавуну. Для двигунів з іскровим запалюванням головки блока виконують з алюмінієвих сплавів.

Загальний вигляд розташування рухомих деталей КШМ V-подібного ДВЗ наведено на рис. 4.7.

Колінчастий вал – найбільш відповідальна і дорога рухома деталь КШМ. Основними вимогами до колінчастих валів сучасних ДВЗ є:

- висока точність поверхонь;
- висока зносостійкість;
- мала маса;
- висока жорсткість і міцність від утомленості;
- зрівноваженість.

Колінчасті вали (рис. 4.8, *a*) більшості ДВЗ литі, з високоміцного чавуну з кулястим графітом. На високофорсованих ДВЗ легкових і вантажних автомобілів застосовують ковані вали з високоміцної легованої або середньовуглецевих легованих сталей.

У деяких колінчастих валах, крім основних, застосовують знімні противаги (див. рис. 4.8, *б, в*). У разі обмежених габаритів відсутню масу противаг розміщують на маховику і на гасителях коливань в передній частині колінчастого вала.

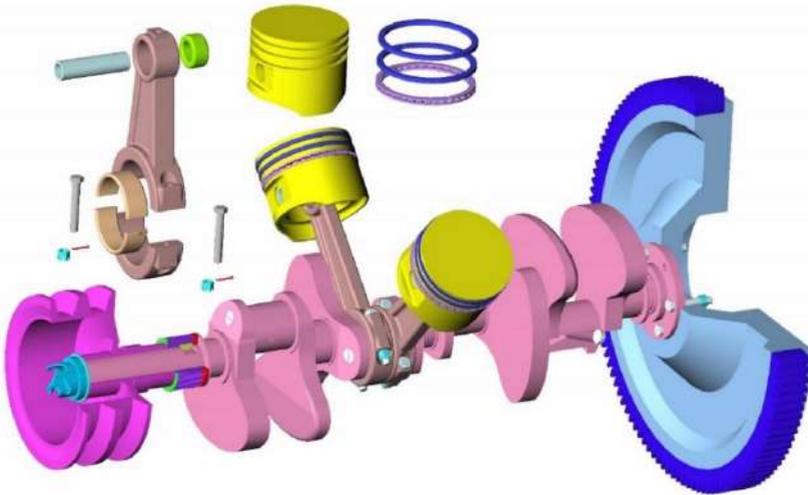


Рисунок 4.7 – Рухомі деталі КШМ

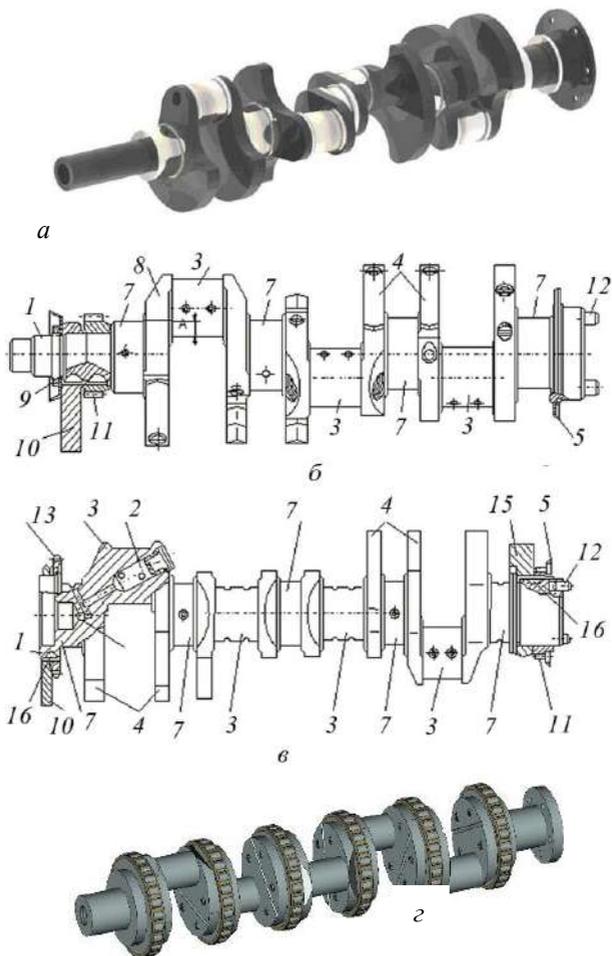


Рисунок 4.8 – Колінчасті вали: *а* – двигуна автомобіля ЗІЛ-130; *б* – дизеля ЯМЗ-236; *в* – дизеля КамАЗ-740; *г* – конструкція розбірного колінчастого вала (двигун автомобіля ТАТРА-815); 1 – передній кінець вала; 2 – брудозуловлювальна порожнина; 3 – шатунна шийка; 4 – противаги; 5 – маслорозподільник; 6 – фланець для кріплення маховика; 7 – корінна шийка; 8 – шок; 9 – гайка; 10 і 15 – знімні противаги; 11 – розподільний зубчасте колесо; 12 – інсталяційний штифт; 13 – зубчасте колесо приводу масляного насоса; 14 – гвинт; 16 – шпонка; А – величина перекриття шийок

Вали можуть бути з одинарними і подвійними противагами рис. 4.9 і 4.10.

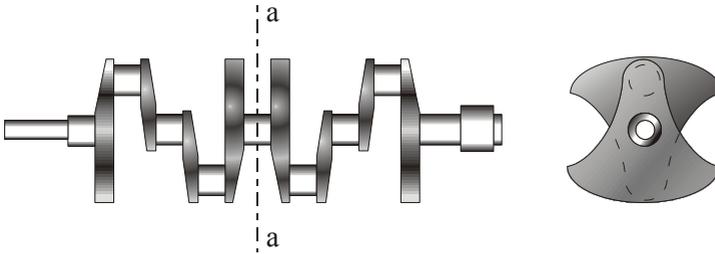


Рисунок 4.9 – Колінчастий вал рядного чотирициліндрового двигуна з одинарними противагами: а-а – площина симетрії

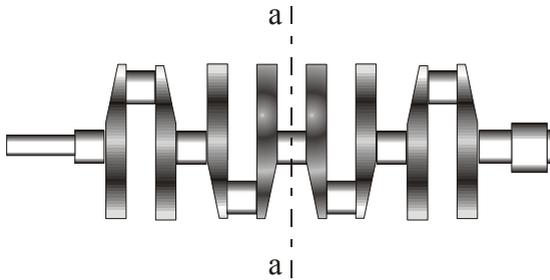


Рисунок 4.10 – Колінчастий вал з подвійними противагами:
а-а – площина симетрії

Колінчасті вали у більшості ДВЗ литі, з високоміцного чавуну з кулястим графітом. На високофорсованих ДВЗ легкових і вантажних автомобілів застосовують ковані вали з високоміцної легованої або середньовуглецевих легованих сталей.

Для повного зрівноваження рядних чотирициліндрових двигунів іноді використовують два балансирих вали (рис. 4.11), що обертаються в протилежних напрямках із подвоєною частотою по відношенню до частоти обертання колінчастого вала.

Для змащування найбільш поширені схеми розташування мастильних каналів, які показані на рис. 4.12 і 4.13. У колінчастих валах двигунів вантажних автомобілів шатунні шийки можуть мати спеціальні брудоуловлювальні порожнини (рис. 4.12).

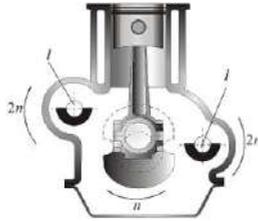


Рисунок 4.11 – Установка балансирних валів рядного чотирициліндрового двигуна:

I – балансирні вали

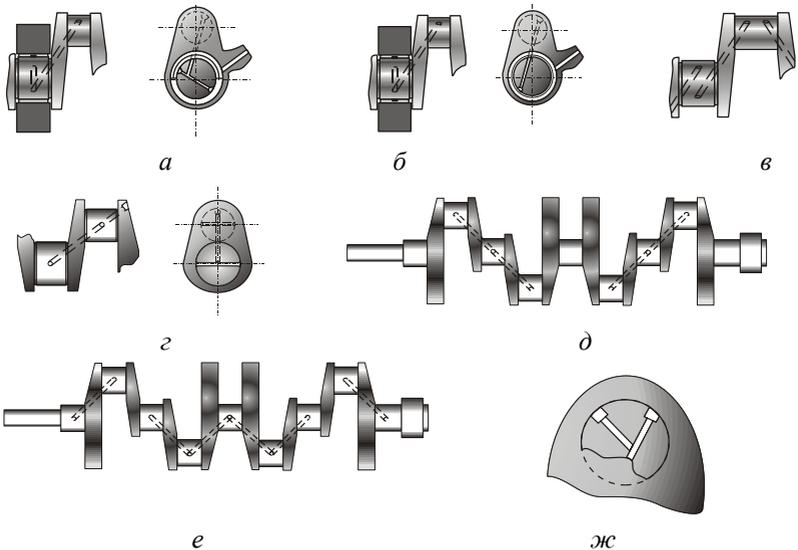


Рисунок 4.12 – Схеми каналів змащування шатунних підшипників колінчастого вала:

a – отвір від шатунної шийки до наскрізного отвору в корінній; *б* – отвір від корінної шийки до шатунної; *в* – схема каналів змащування валів V-подібних двигунів; *г* – отвір, що з'єднує наскрізні отвори через шатунну і корінну шийки; *д* – змащування двох шатунних шийок через одну корінну; *е* – змащування корінних шийок через шатунні; *ж* – додатковий отвір для змащування на шатунній шийці

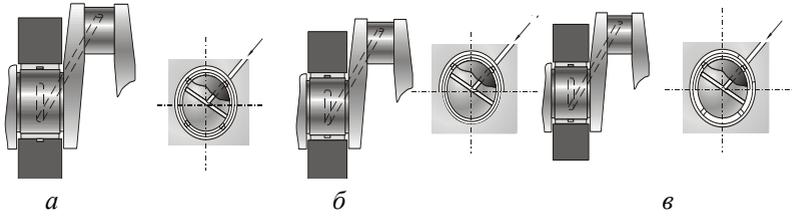


Рисунок 4.13 – Схеми каналів мастила корінних підшипників:

a – кругова канавка в отворі ліжку і на вкладках; *б* – канавка на половині отвори ліжку і на вкладках; *в* – кругова канавка в отворі ліжку і на верхньому вкладиші

При роботі двигуна на колінчастий вал діють осьові сили. Обмеження переміщення колінчастих валів у осьовому напрямку здійснюється упорними підшипниками (рис. 4.14). Ці підшипники зазвичай розташовують у передній або у середній опорі вала, а в деяких випадках – на задній корінній опорі.

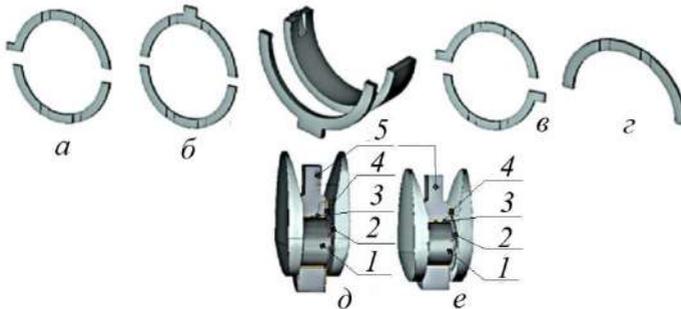


Рисунок 4.14 – Схема упорного підшипника з півкільцями:

a, б, в – пари півкільць, одне з яких має фіксуєчий виступ; *г* – просте півкільце;
д – установка двох пар півкільць; *е* – установка двох простих півкільць;
1 – шийка вала; *2* – шок;
3 – півкільце; *4* – вкладиш; *5* – опора блока

Найбільш поширені два типи упорних підшипників: окремими півкільцями рис. 4.14; або фланцевим підшипником. Упорні підшипники з півкільцями зазвичай використовують дві пари півкільць, одне з кожної

пари має виступи для фіксації від повороту. Для розміщення півкільць у блоці і кришці опори вала виконуються пази для фіксації і проточування, що утримують півкільця. Рідше використовують два простих за формою півкільця, що встановлюються в опору по одному з кожного боку рис. 4.14, *д, е*. Півкільця зазвичай мають товщину, близьку до товщини корінних вкладишів.

На робочій стороні півкільць у напрямку вала виконують канавки для змащення.

Відповідальними ділянками колінчастого вала двигуна є передній кінець вала і задня частина (фланець).

На передньому кінці колінчастого вала виконаний шпонковий паз (рис. 4.15) або отвір для циліндричного штифта з метою встановлення

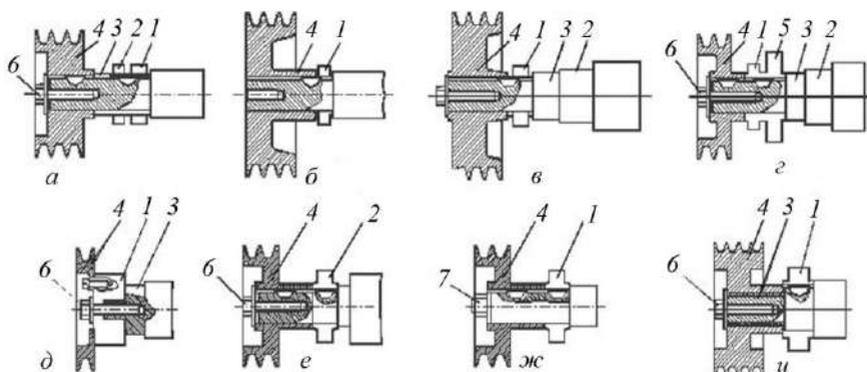


Рисунок 4.15 – Типові конструкції передніх кінців колінчастих валів:

а, в, г, е – установка і фіксація болтом і шпонками; *б* – фіксація силою тертя (пресова посадка); *д* – установка виступу на деталі в паз на кінці вала; *жс* – фіксація гайкою; *и* – установка деталей на шліцах; 1 – зірочка (шків); 2 – зірочка (шліци) приводу маслососа; 3 – втулка або поверхня переднього сальника; 4 – шків (гаситель коливань); 5 – зірочка (шків) приводу додаткових валів; 6 – болт; 7 – гайка

деталей приводів внутрішніх і зовнішніх механізмів двигуна. Елементами приводів є: шестерні, зірочки, шків.

Привід масляного насоса з внутрішнім зачепленням шестерень зазвичай виконується ділянкою переднього кінця вала, що має дві лиски (рис. 4.15, *в*) або шліцьовим з'єднанням, а також спеціальною втулкою з лискою (рис. 4.15, *е*).

На передньому кінці колінчастого вала передбачено ділянку для розміщення сальника.

Задня ділянка (фланець) (рис. 4.16) колінчастого вала в більшості двигунів виконується з поверхнею для ущільнення (сальника) і поверхнею установки маховика та підшипника первинного вала коробки передач.

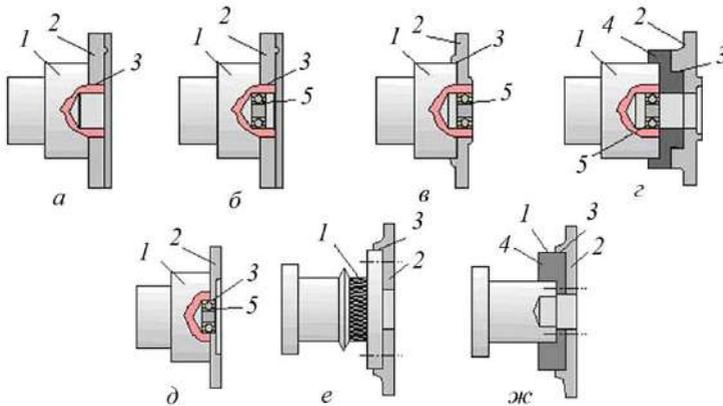


Рисунок 4.16 – Конструкції задніх фланців колінчастого валу і способи центрування маховика: *а* – по центру поясу (для автоматичних коробок передач); *б* – саме те для механічних коробок; *в* – по поясу заднього сальника; *г* – за допомогою перехідної втулки; *д* – за допомогою підшипника; *е* – конструкція з сальниковою набивкою; *ж* – за допомогою втулки, що утворює поверхню заднього сальника; 1 – ущільнювальний пояс сальника; 2 – маховик; 3 – центруючий пояс; 4 – втулка; 5 – підшипник; б – перехідник

Передній кінець колінчастого вала (рис. 4.17, *а*) ущільнює гумовим самопідтискним сальником, розташованим у кришці 7. Ущільнення містить масловідбивач 18, що захищає відігнутими краями

сальник від інтенсивного потрапляння масла. На маточину шківів напесований пиловідбивач 2, що захищає сальник від пилу та піску.

Ущільнення заднього кінця колінчастого вала (рис. 4.17, б) складається з сальника 24, маслосгінної канавки 21 і масловідбивального гребеня 19.

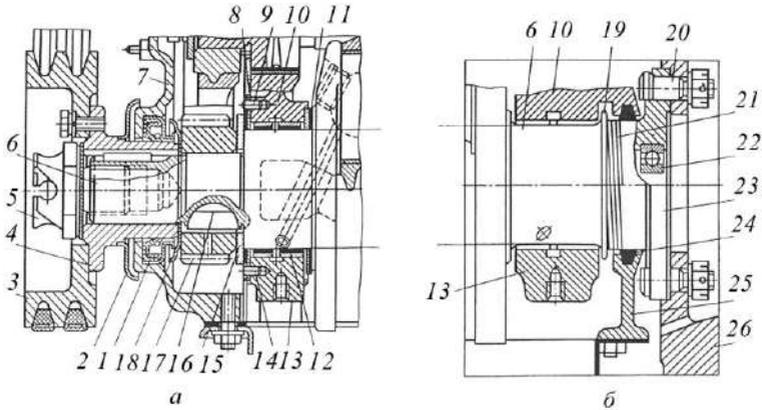


Рисунок 4.17 – Ущільнення колінчастого вала:

a – ущільнення переднього кінця вала, *б* – заднього кінця вала:

1 – самоподжимний сальник; 2 – пиловідбивач; 3 – шків приводу водяного насоса, вентилятора і генератора; 4 – маточина; 5 – храповик;

6 – колінчастий вал; 7 – кришка блока розподільних шестерень;

8 – передня нерухома шайба; 9 і 14 – штифти; 10 – блок циліндрів;

11 – задня нерухома шайба; 12 – вкладиш; 13 – кришка корінного підшипника;

15 – упорно обертова шайба; 16 – шпонка;

17 – розподільне зубчасте колесо; 18 – масловідбивач;

19 – масловідбивальний гребінь; 20 – болт кріплення маховика;

21 – маслосгінна різь; 22 – шарикопідшипник вала зчеплення;

23 – фланець; 24 – сальник; 25 – тримач сальника; 26 – маховик

До рухомих частин КШМ належать безпосередньо пов'язані з колінчастим валом гаситель крутильних коливань, наявний часто на передньому кінці колінчастого вала, також маховик, в якому теж може бути вбудований гаситель крутильних коливань. Гаситель зазвичай

застосовується на багатоциліндрових двигунах. При роботі двигуна крутильні коливання гасяться демпфером у результаті внутрішнього тертя в пружних гумових прокладках (рис. 4.18) і (рис. 4.19, *а, б, в*), а також через додаткові елементи тертя (рис. 4.19, *г, д і е*). На задньому кінці колінчастого вала (на виході ДВЗ) встановлюється маховик (рис. 4.20).

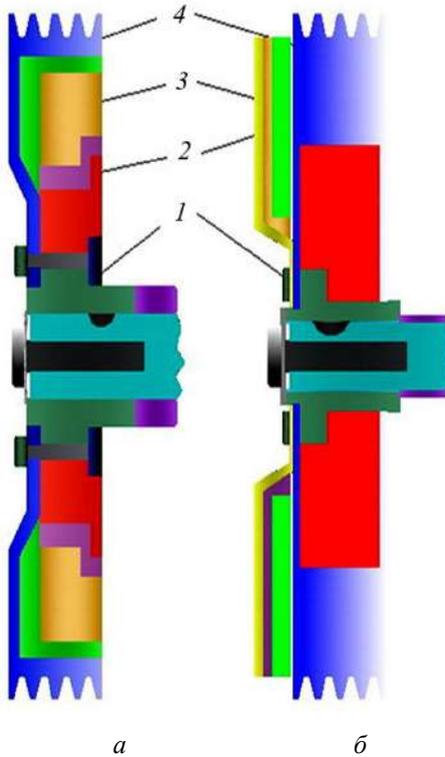


Рисунок 4.18 – Демпфери крутильних коливань:

а – всередині шківів; *б* – зовні;

1 – маточина; *2* – інерційна маса; *3* – гумова прокладка; *4* – шків

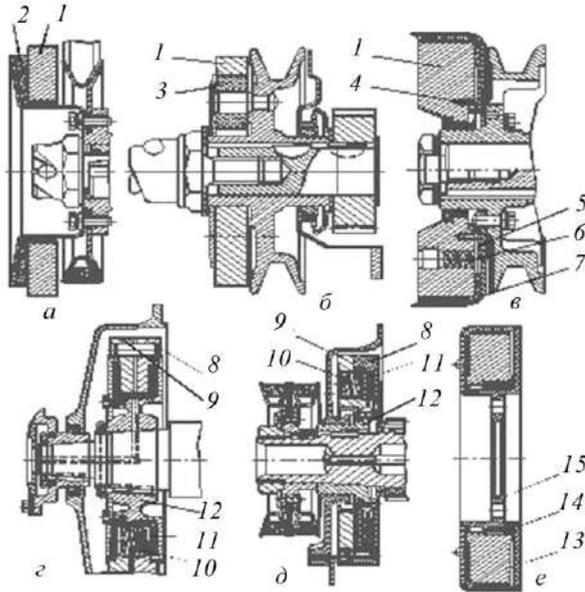


Рисунок 4.19 – Гасителі крутильних коливань:
a, б і в – молекулярного тертя; *г і д* – фрикційні; *е* – рідинного тертя;
1 і 13 – інерційні маси; *2* – прокладка; *3* – гумове кільце; *4* – штифт;
5 – фрикційний диск; *6 і 10* – пружини; *7 і 15* – корпуси; *8 і 9* – диски;
11 – фрикційне кільце; *12* – диск втулки; *14* – втулка

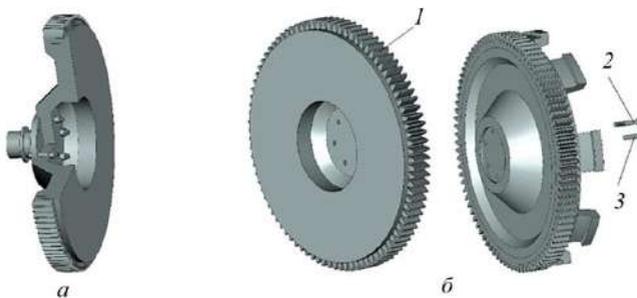


Рисунок 4.20 – Розміщення *a* й загальний вигляд маховика *б*:
1 – сталевий зубчастий вінець; *2* – болт кріплення;
3 – інсталяційний штифт

Маховик, акумулюючи енергію робочих ходів, зменшує нерівномірність обертання колінчастого вала. Для запуску двигуна стартером на обід маховика напресовують сталевий зубчастий вінець.

Маховик виливають із чавуну, маючи в своєму розпорядженні основну масу металу ближче до зовнішнього діаметру для збільшення моменту інерції. Як правило, маховик кріплять до фланця колінчастого вала спеціальними болтами з надійною фіксацією (рис. 4.21). Маховик у зборі з колінчастим валом піддають динамічному балансуванню.

На торці або ободі маховика багатьох двигунів наносять мітки, за якими визначають положення поршня першого циліндра у верхній мертвій точці для відліку порядку роботи двигуна, установки моменту запалювання, моменту впорскування дизельних двигунів і регулювання газорозподільного механізму.

Демпфер у веденому диску зчеплення виявляється малоефективним на низьких частотах обертання колінчастого вала. Конструкції дводискових маховиків із вбудованими гасниками крутильних коливань представлені на рис. 4.22 і 4.23.

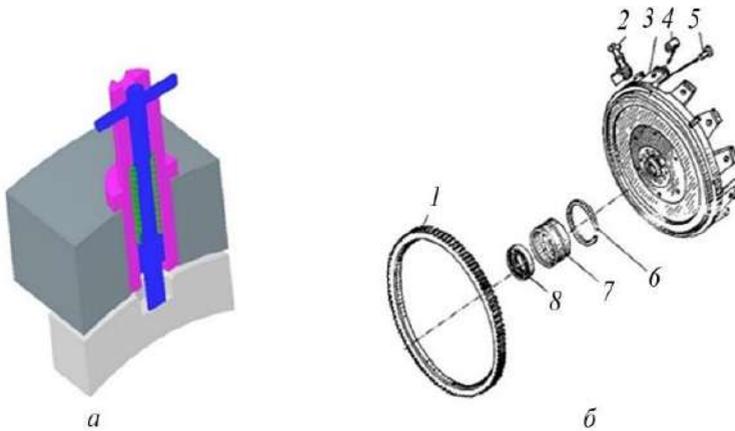


Рисунок 4.21 – Маховик із фіксатором:

- a* – маховик в фіксованому положенні; *б* – конструкція маховика:
 1 – зубчастий вінець; 2 – фіксатор; 3 – маховик; 4, 7 – встановлювальні втулки;
 5 – сухар відтискного важеля зчеплення; 6 – упорне пружинне кільце;
 8 – манжета вала коробки передач



Рисунок 4.22 –
Демпфувальний елемент,
вбудований у маховик

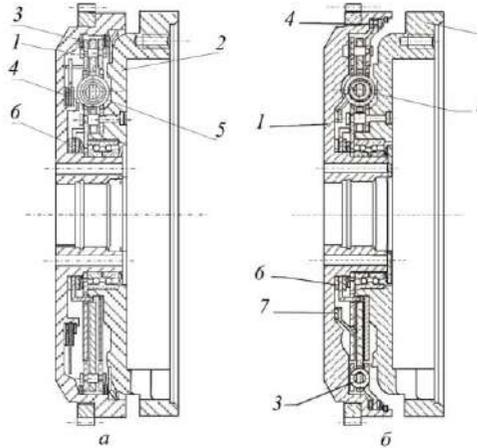


Рисунок 4.23 – Дводискові маховики

Дводисковий маховик (рис. 4.23, *a*) складається з першого *1* та другого *2* дисків і двох демпферів крутильних коливань (зовнішнього та внутрішнього), з'єднаних послідовно. Другий диск встановлений на першому етапі за допомогою дворядного шарикопідшипника з розрізним внутрішнім кільцем і пов'язаний із ним через демпфери. Зовнішній демпфер складається з двох пар тертя – основної *3* з великим моментом тертя і додаткової *4*, що включається після проходження певного зазору. Внутрішній пружно-фрикційний демпфер крутильних коливань включає в себе комплект пружин *5* і пару тертя *6*, яка починає працювати після проходження відповідного зазору.

Ця конструкція має щільне компонування та завдяки послідовному з'єднанню демпферів і передачі крутного моменту через пари тертя забезпечується істотно нелінійною пружно-фрикційною характеристикою, що необхідно для роботи в резонансних режимах при пуску двигуна. Другий варіант дводискового маховика (див. рис. 4.23, *б*) також складається з двох дисків *1* і *2* та двох пружно-фрикційних демпферів, з'єднаних послідовно. Але конструкція демпферів

відрізняється від попередніх. У цьому випадку демпфер складається з комплекту пружин 3 і пари тертя 4 з великим моментом тертя. Внутрішній демпфер має комплект гвинтових пружин 5 і дві пари тертя 6 і 7, які включаються в роботу після проходження відповідних зазорів. Ця конструкція має можливість створення великого (до 30° і вище) кута замикання демпфера до його пробуксовки завдяки послідовному з'єднанню двох комплектів гвинтових пружин, однак має складну конструкцію. У дводисковому маховику (рис. 4.24) також використовують два демпфери – основний і додатковий. Але на відміну від попередніх основним тут є зовнішній пружно-фрикційний демпфер. Він має комплект пружин 1 і пару тертя 2. Внутрішній демпфер складається з двох пар тертя 3 і 4. Диски 5 і 6 зовнішнього демпфера, між якими вставлені тарілчасті пружини, одночасно є ведучими для внутрішнього. Фрикційні кільця 7 і 8 розташовуються між дисками демпфера і другим диском маховика, що складається з двох частин, які, з'єднуючись болтами, затискають фрикційні пари.

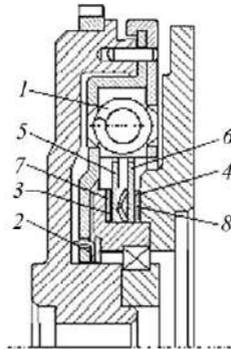


Рисунок 4.24 – Дводисковий маховик із зовнішнім пружно-фрикційним демпфером

До перехідних – рухомих і нерухомих деталей КШМ відносяться підшипники колінчастого вала. У переважній більшості двигунів застосовуються підшипники ковзання – корінні та шатунні вкладиші. Дуже велике значення для взаємної роботи вала і підшипника мають

розміри шийок вала. Діаметри шийок вала і хвостовика зазвичай витримуються з точністю до 0,015 мм, а взаємне биття корінних шийок не перевищує 0,005...0,008 мм. Перекіс осей шатунних і корінних шийок не повинен перевищувати 0,03...0,05 мм на довжині вала. Загальні вимоги до всіх шийок – овальність і конусність повинні бути не більше 0,005 мм. При роботі двигуна в зазор між внутрішньою поверхнею підшипника і шийкою вала під тиском подається масло. За рахунок зміщення вала до підшипника в бік дії навантаження, виникає ексцентриситет (масляний клин), що утримує вал, який обертається від дотику з поверхнею вкладиша. Чим більша ширина підшипника, в'язкість і тиск подачі масла, тим більше навантаження здатний тримати підшипник.

У цей час на двигунах легкових автомобілів застосовують підшипники ковзання у вигляді тонкостінних вкладишів завтовшки 1,0...2,5 мм. Корінні вкладиші колінчастих валів мають збільшену товщину, що пов'язано з необхідністю розташування заглиблень для подачі масла в канали колінчастого вала і до шатунних підшипників. Зазвичай канавки мають глибину 1,0...1,2 мм при ширині 3,0...4,5 мм. Матеріали та конструкція вкладишів залежать від виду і робочих параметрів двигуна.

Всі вкладиші виконуються багат шаровими, причому основою служить сталеві стрічка, на яку різними способами наносяться шарово матеріали, що забезпечують:

- міцність від утомленості та корозійну стійкість;
- хороше відведення тепла від підшипника;
- малий коефіцієнт тертя;
- малий гарантований зазор у поєднанні з м'яким матеріалом підшипника;
- відсутність твердих фракцій у м'якому матеріалі підшипника.

Основними характеристиками матеріалу вкладиша є максимальне питоме навантаження і максимальна допустима швидкість ковзання.

Загальна тенденція двигунобудування – зменшення товщини вкладишів, яка зазвичай становить 1,8–2,0 мм у корінних і 1,4–1,5 мм у

шатуних підшипників. Чим тонші вкладиші, тим краще вони прилягають до постілі, тим краще тепловідведення, точніша геометрія поверхні підшипника, менший допустимий зазор у підшипнику і більший його ресурс.

У вільному стані вкладиш має нециліндричну форму зовнішньої поверхні для забезпечення натягу по діаметру постілі і більш високої точності прилягання до її. Ці умови задовольняє вкладиш, зовнішня поверхня якого має змінний радіус зовнішньої поверхні, що збігається з радіусом постілі тільки по краях, а в середині радіус виконується більше, але так, щоб зовнішній розмір вкладиша у вільному стані був більший за діаметр постілі на 0,5–1,0 мм. Крім цього, вкладиш повинен мати натяг не тільки по діаметру, але і по довжині постілі, тобто мати виступ за постіль. Виступ, необхідний для забезпечення гарантованого прилягання вкладиша до постілі, залежить від довжини вкладиша (діаметра постілі), його ширини і товщини. Виступ становить у середньому від 0,03–0,05 мм для валів діаметром 70 мм.

Основу вкладиша виготовляють зі сталеві стрічки штампуванням.

На основу наносять антифрикційні матеріали:

1) алюмінієві сплави з вмістом свинцю близько 5 %, а також олова і кремнію, наприклад Al Pb5 Si4 S1 (цифри після позначення металу вказують його процентний вміст) наносять на сталеву основу без додаткового покриття;

2) алюмінієві сплави з вмістом олова близько 20 %, наприклад Al Sn20 Cu1, застосовують також без покриттів;

3) алюмінієві сплави зі зменшеним до 6 % вмістом олова Al Sn6 Cu1 застосовують тільки з олов'яно-свинцевим покриттям Pb Sn10 Cu2;

4) алюмінієві сплави з кадмієм і нікелем Al Cd3 Ni1 Si1 застосовують тільки з покриттям Pb Sn10 Cu2;

5) алюмінієві сплави з цинком і свинцем Al Zn5 Si2 Pb1 Cu1 беруть тільки з покриттям Pb Sn10 Cu2;

6) свинцево-олов'яністі бронзи Cu Pb22 Sn1 використовують із покриттям олов'яно-свинцевим сплавом Pb Sn10 Cu2;

7) бронзи з різним вмістом свинцю й олова $\text{Cu Pb}_{24} \text{Sn}_3$ застосовують із покриттям $\text{Pb Sn}_{10} \text{Cu}_2$;

8) бронзи з вмістом $\text{Cu Pb}_{14} \text{Sn}_3$ використовують із покриттям $\text{Pb Sn}_{10} \text{Cu}_2$.

Залежно від матеріалу вкладиші можуть бути дво-, три-, чотири- або п'ятишарові (включаючи сталеву основу) (рис. 4.25). Велика кількість шарів пов'язана з необхідністю нанесення підшару нікелю перед покриттям $\text{Pb Sn}_{10} \text{Cu}_2$, а також із тим, що в остаточному вигляді для поліпшення припрацювання на вкладиш наносять тонкий шар олова. Як правило товщина шарів становить:

- сталева основа 0,9 мм і більше;
- основний шар 0,25–0,5 мм;
- нікелевий підшар 0,001 мм;
- олов'яно-свинцевий сплав 0,02 мм;
- олово 0,003–0,005 мм.

Порівняльні характеристики перерахованих матеріалів за величиною питомих навантажень наведено на рис. 4.26.

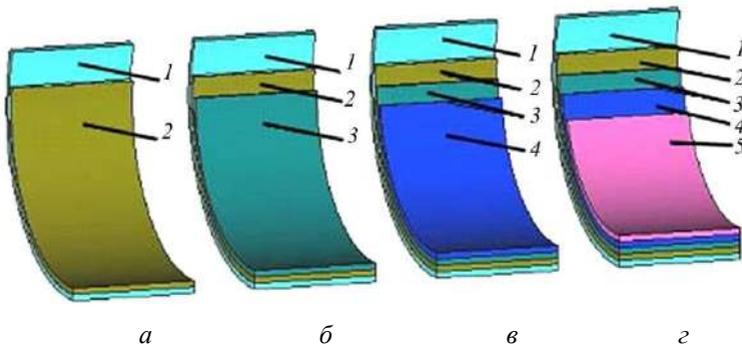


Рисунок 4.26 – Типові конструкції підшипників ковзання:
a – 2-шарові; *б* – 3-шарові; *в* – 4-шарові; *г* – 5-шарові; 1 – сталеву основу;
2 – основний матеріал; 3 – підшар; 4 – основне покриття;
5 – додаткове покриття (олово)

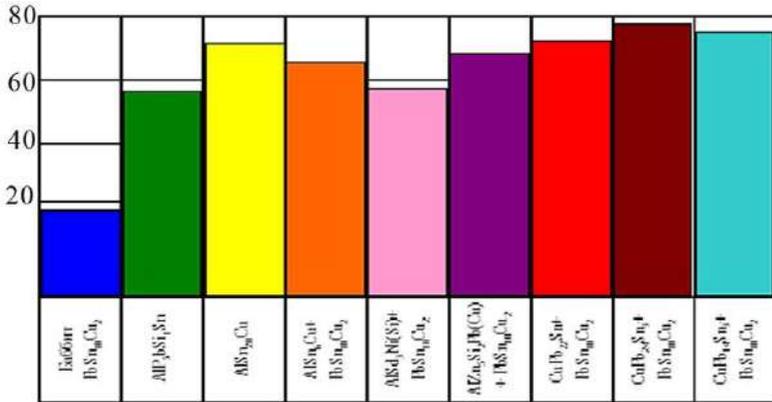


Рисунок 4.26 – Порівняння матеріалів вкладишів по допустимим навантаженням

Дизельні двигуни нерідко мають матеріали вкладишів, відмінні від тих, що застосовуються на бензинових двигунах, це пов'язано з істотно більш високими навантаженнями в підшипниках колінчастих валів дизелів.

Для запобігання прокручуванню вкладишів на них виконуються замки (рис. 4.27). Замок являє собою виступ завширшки 2,5–4,5 мм, відігнутий при штампуванні вкладиша від площини основи вкладиша на 0,8–1,2 мм. Замок виконується без розриву основи вкладиша.

Замки, як правило, орієнтуються з урахуванням обертання вала. Так шатунні підшипники у більшості двигунів мають орієнтацію верхнього замка у напрямку обертання, а нижнього – проти. Аналогічну орієнтацію мають корінні вкладиші.



Рисунок 4.27 – Замки вкладишів:

a – замок вкладиша традиційної конструкції, отриманий видавлюванням в радіальному напрямку; *b* – замок вкладиша, видавлений по дотичній; *в* – вкладиш із двома замками, видавленими по дотичній

Рухомими деталями КШМ є деталі шатунно-поршневої групи. Взаємне розташування деталей цієї групи різних двигунів показано на рис. 4.28. Рухомі деталі КШМ дизельного двигуна наведені на рис. 4.28, а, а ДВЗ з іскровим запалюванням – на рис. 4.28, б, в.

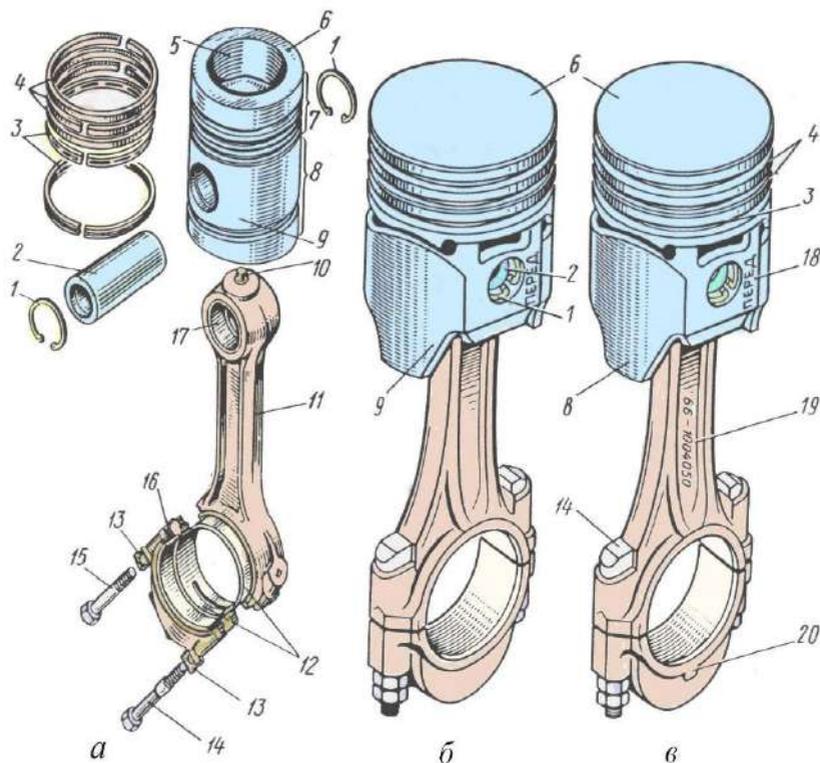


Рисунок 4.28 – Шатунно-поршневі групи деталей КШМ різних ДВЗ:

- 1 – стопорне кільце поршневого пальця; 2 – поршневий палець;
- 3 – маслоснімне кільце; 4 – компресійні кільця; 5 – камера згоряння;
- 6 – днище поршня; 7 – головка поршня; 8, 9 – спідниця поршня;
- 10 – верхня головка шатуну; 11 – шатун; 12 – шатунні вкладиші; 13, 14, 15 – шатунні болти; 16 – кришка нижньої головки шатуну; 17 – втулка верхньої головки шатуну; 18, 19, 20 – мітки і позначення на поршні та шатуні

До поршневої групи належать: поршень, поршневі кільця і поршковий палець. За значущістю в поршковій групі перше місце займає поршень. Поршень (рис. 4.29) є досить складною конструкцією як за формою, так і за технологією виконання. Загальні тенденції в розвитку конструкцій поршнів:

– зменшення відстані від днища до осі пальця, з метою зниження висоти і маси двигуна;

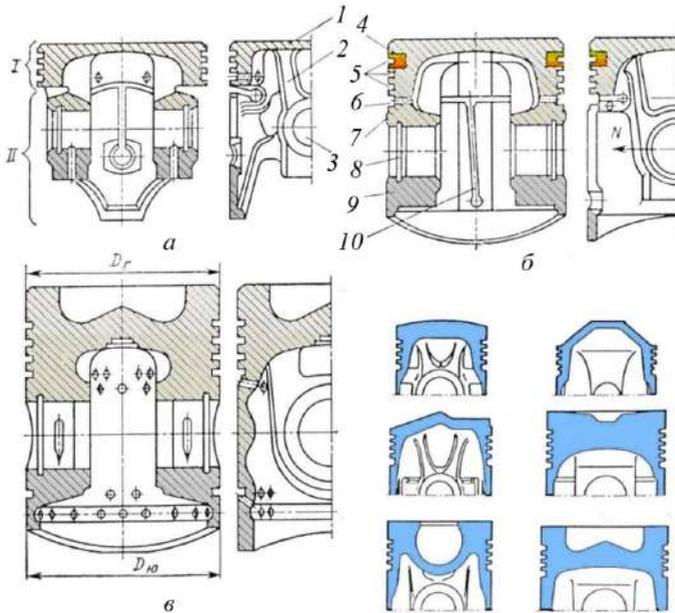


Рисунок 4.29 – Варіанти конструкції поршнів різних двигунів:
a – бензинових двигунів легкових автомобілів; *б* – бензинових двигунів вантажних автомобілів; *в* – дизельних двигунів вантажних автомобілів;

I – головка поршня; *II* – юбка поршня;

1 – днище; *2* – ребро жорсткості; *3* – отвір для поршневого пальця;

4 – чавунна кільцева вставка; *5* – канавки для компресійних кілець;

6 – канавка для маслоснімного кільця; *7* – дренажний отвір; *8* – канавка для стопорного кільця; *9* – бобишка; *10* – розріз

- зменшення діаметрів пальця, в тому числі зовнішнього і внутрішнього;
- скорочення довжини пальця з фіксацією шатуна від осевого переміщення в бобишках поршня;
- зменшення висоти головки і юбки поршня;
- спеціальні профілі днища, бічних і внутрішніх поверхонь поршня;
- спеціальна обробка та покриття поверхні поршнів.

Деякі, найбільш поширені варіанти конструкції поршнів наведено на рис. 4.29.

Як матеріал поршнів широко використовувалися евтектичні сплави алюмінію з кремнієм до 12–13%. Кремній знижує знос поршня, зменшує коефіцієнт лінійного розширення. Однак при збільшенні кількості кремнію в розплаві необхідно легування сплаву нікелем, магнієм, міддю і спеціальні режими охолодження виливків. Сплави алюмінію з вмістом кремнію понад 13 % до 18 % називаються заевтектичними і дозволяють впроваджувати нові технології, в тому числі і штамповані заготовки поршнів. Відмінність форм литого та штампованого поршнів показано на рис. 4.30.

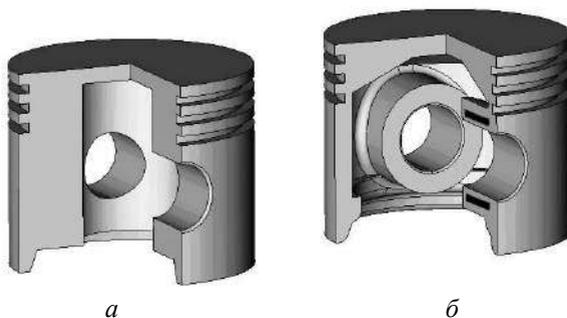


Рисунок 4.30 – Внутрішня конфігурація поршнів:
a – штампованого (кованого); *б* – литого

У процесі робочого ходу днище поршня навантажене тепловим потоком газів із температурою понад 1800–2000 °С. Частина тепла від головки поршня передається в юбку та бобишки. Зважаючи на

нерівномірне нагрівання-охолодження різних поверхонь поршня, він повинен мати складну форму: східчасту по висоті, але круглу до верхньої частини; овальну юбку, що розширюється вниз, як це показано на рис. 4.31.

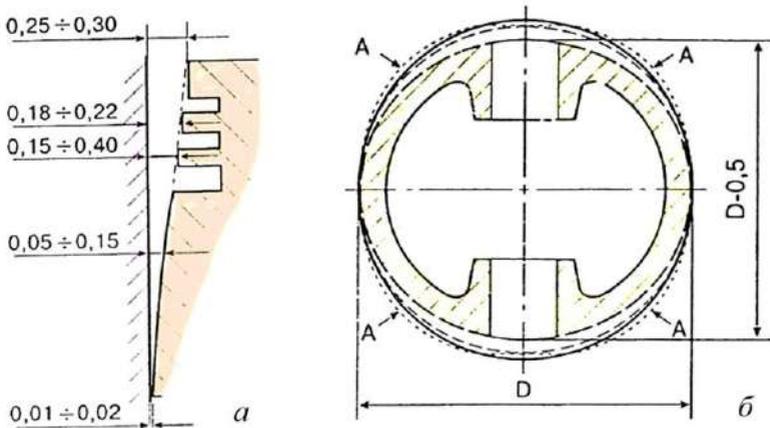


Рисунок 4.31 – Форма поршня, компенсує теплове розширення:

a – зміна зазорів між поршнем і циліндром по висоті;

б – зміна профілю поперечного перерізу юбки;

A – місця можливого заклинювання юбки в циліндрі при перегріванні;

————— – окружність циліндра; - - - - - – профіль холодного поршня;

..... – робочий режим; - - - - - – перегрів

Іноді для компенсації розширення юбки застосовують вертикальний (курсивом) рис. 4.31, *a* або комбінований Т-подібний розріз рис. 4.32, *б*. Є розріз на боці юбки, протилежному дії бічної сили при робочому ході (рис. 4.32).

Одним зі способів компенсації теплового розширення за допомогою розрізів є Х-подібні поршні (рис. 4.33). У цих порушених відсутня середня частина юбки. Знижується нагрів нижньої частини і маса поршня.

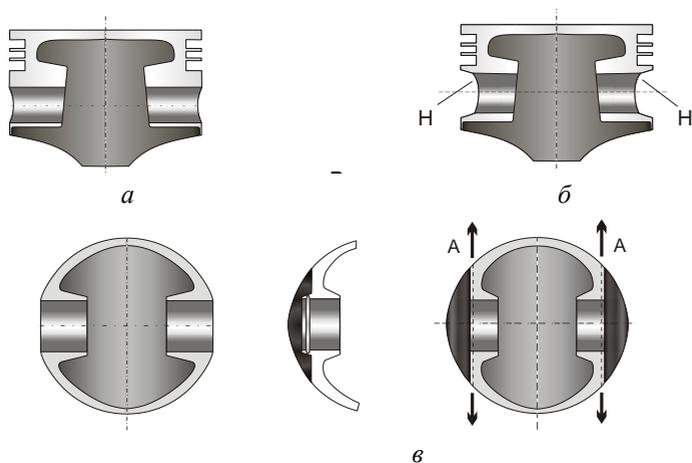


Рисунок 4.32 – Вплив холодильників на розширення юбки поршня:
a – поршень без холодильників; *б* – поршень із глибокими холодильниками (Н);
в – варіант із плаваючим пальцем

Стрілкою А на рис. 4.32 вказано напрямки поширення теплового потоку і додаткової температурної деформації поршня.



Рисунок 4.33 – Конструкція Х-подібного поршня

У головці поршня розташовані канавки для компресійних і маслознімних кілець (рис. 4.34). Число кілець залежить від типу та параметрів роботи двигуна. У канавці маслознімних кілець робляться осьові дренажні отвори для відведення всередину поршня масла, що знімається зі стінок циліндра. Іноді дренажні отвори розташовують у фаски канавки.

Відповідальною частиною поршня є його днище. Як правило, воно має більшу товщину, ніж інші ділянки поршня. Чим товще днище, тим

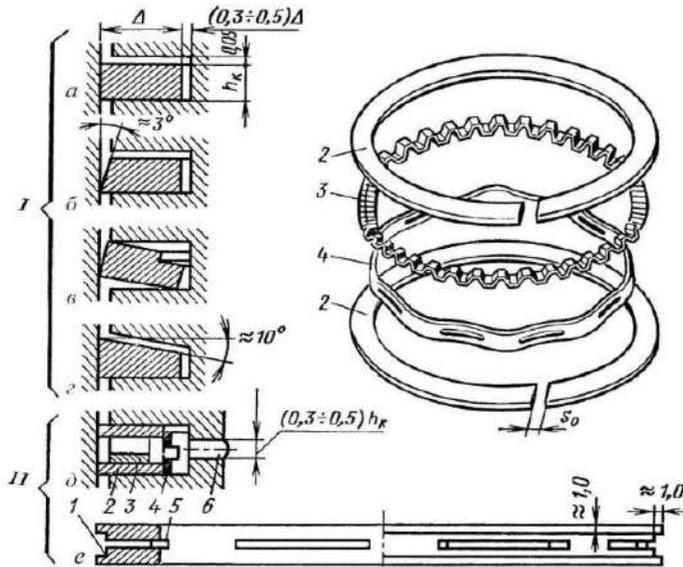


Рисунок 4.34 – Поршневі кільця: I – компресійні (положення в канавці поршня в робочому стані); II – маслоснімні; *a* – прямокутного перетину; *б* – трапецеїдального перетину (з конічною зовнішньою поверхнею); *в* – зі сходишкою на внутрішній поверхні; *г* – клиноподібного перетину; *д* – складене; *е* – суцільне; 1 – маслосбірна канавка; 2 – плоске кільце; 3 – осьовий розширювач; 4 – радіальний розширювач; 5 – дренажний проріз; 6 – дренажний отвір у поршні; h_k – висота кільця

менша його температура, але більша маса поршня. В середньому для поршнів двигунів легкових автомобілів товщина становить 8–9 мм, а іноді і 7 мм.

Рідко товщина становить 5,5–6 мм. Для дизельних двигунів товщина днища коливається в межах 10–16 мм. Конфігурація днища поршнів, у бензинових і дизельних двигунів відрізняється.

Днища поршнів дизельних двигунів мають фігурні заглиблення з метою розміщення частини камери згоряння і поліпшення процесу сумішоутворення (див. рис. 4.28 і рис. 4.29).

Слід зазначити також тенденцію нанесення на днище поршня зносостійких покриттів. Найчастіше покриття виконується анодуванням,

тобто перетворенням тонкого поверхневого шару алюмінію в кераміку Al_2O_3 з товщиною в межах 0,008–0,012 мм.

Поршневі кільця, що входять до складу поршневої групи, призначені для ущільнення поршня щодо циліндра; відведення тепла від поршня до циліндра; необхідного забезпечення маслом кілець, поршня і циліндра.

Залежно від призначення поршневі кільця поділяють на компресійні і маслоснімні.

Залежно від типу двигуна в комплект компресійних кілець входять два або три кільця. Маслоснімне кільце переважно одне, і дуже рідко застосовують два маслоснімних кільця (потужні дизельні двигуни, див. рис. 4.34, *a*). Загальний вигляд розміщення обох типів кілець щодо поршня і циліндра показано на рис. 4.34.

Верхнє компресійне кільце є найбільш завантаженим у тепловому і механічному відношенні. У зв'язку з цим більшість двигунів легкових автомобілів мають верхні компресійні кільця з легованих нікелем, хромом, молібденом та іншими металами чавунів із кулястим графітом.

На дизельних двигунах іноді застосовують верхні кільця з хромової високовуглецевої сталі. Іноді сталеві кільця застосовують і на бензинових двигунах. Для зниження зносу верхні кільця покривають пористим хромом завтовшки 0,1–0,15 мм, а більш часто використовують тверде хромування. Нерідко замість хрому використовують покриття молібденом.

Нижні компресійні поршневі кільця працюють у набагато більш сприятливих умовах. Найбільш часто їх виготовляють із сірого легованого чавуну з пластинчастим графітом і, як правило, без спеціальних покриттів.

Нижні кільця двигунів легкових автомобілів мають зниження висоти профілю до 1,5–1,75 мм (раніше 2–2,5 мм). Для дизелів висота верхніх і нижніх кілець в межах 2–2,5 мм.

У вільному стані поршневе кільце має не круглу форму, причому радіус його зовнішньої поверхні у замку дорівнює радіусу циліндра (рис.

4.35). Зі збільшенням відстані від замка радіус кільця збільшується, а на стороні, протилежній замку, він найбільший.

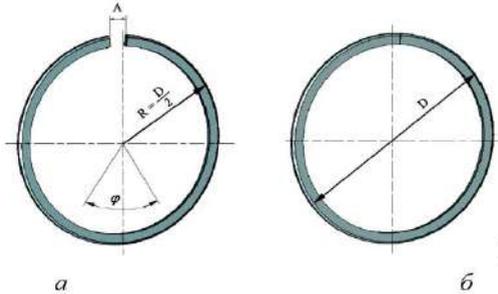


Рисунок 4.35 – Поршневе компресійне кільце:

a – у вільному стані; *б* – у стислому стані; *A* – зазор у замку у вільному стані;
D – діаметр циліндра; *R* – радіус зовнішньої поверхні кільця;
φ – ділянка з рівними значеннями діаметрів кільця і циліндра

Нижні кільця, як правило, мають збільшену радіальну ширину і велику пружність при збереженні підвищеного тиску на циліндр у замку. Розріз замка може мати різну форму і бути східчастим (рис. 4.36, *a*), похилим (рис. 4.36, *з*), прямим (рис. 4.36, *б*) або мати складну форму (рис. 4.36, *в*). Як найбільш прості у виготовленні і досить надійні в експлуатації набули найбільшого поширення прямі замки.

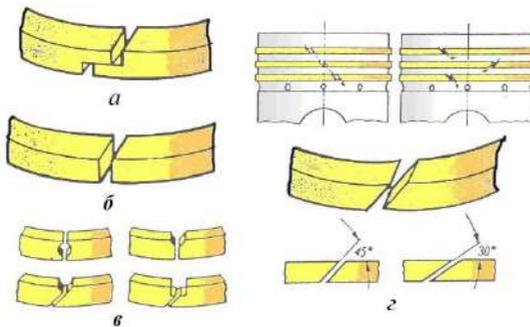


Рисунок 4.36 – Замки поршневих компресійних кілець:
a – східчасті; *б* – прямі; *в* – комбіновані; *з* – похилі (косі)

Маслознімні кільця призначені для знімання масла з поверхні циліндра. Маслознімні кільця встановлюють нижче компресійних. У зв'язку зі специфікою роботи це кільце повинне мати високу пристосованість до поверхні циліндра і мати високий тиск на його стінки.

На сучасних двигунах застосовуються два основних типи маслознімних кілець: суцільні – коробчасті або дренажні (рис. 4.34, *e*); складені (рис. 4.34, *d*). Суцільні маслознімні кільця, виготовлені зазвичай із сірого легованого чавуну, на відміну від компресійних, мають велику висоту, що досягає іноді 5 мм. Крім цього, на зовнішній поверхні є кільцеві канавки і наскрізні прорізи або радіальні отвори.

Практично повний згін або зняття масла забезпечують складені кільця (рис. 4.34, *d*). Таке кільце складається з двох тонких дискових кілець *1* і розширювача *2* (рис. 4.37). Застосовують також і два розширювача – в радіальному і осьовому напрямках.

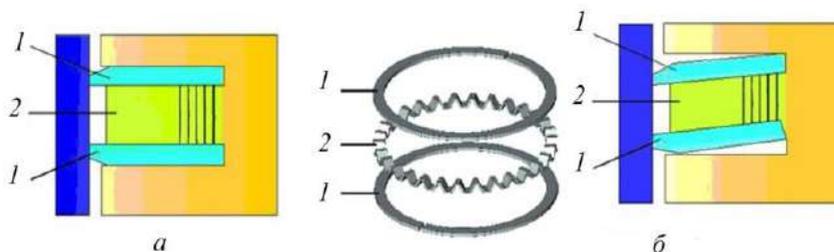


Рисунок 4.37 – Складене маслознімне кільце з двофункціональним розширювачем:

a – положення дисків із фаскою; *б* – положення дисків без фаски;
1 – диски; *2* – розширювач

Поршневий палець служить для шарнірного з'єднання поршня з шатуном. Під час роботи поршневий палець зазнає тертя і великого циклічного знакозмінного навантаження. Крім твердості зовнішньої поверхні поршневий палець повинен володіти високою жорсткістю і мати малу вагу. Ці вимоги задовольняє порожниста циліндрична конструкція, варіанти якої показані на рис. 4.38.

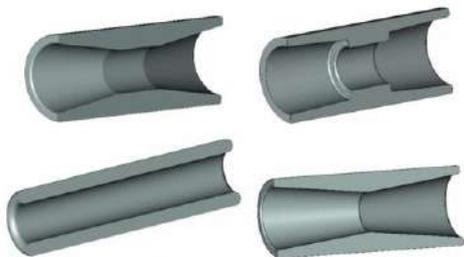


Рисунок 4.38 – Варіанти конструкції поршневих пальців

Зовнішня поверхня пальця обробляється з високою точністю: овальність і конусність не більше 2–3 мкм і шорсткість не більше 0,2 мкм.

Як правило, двигуни з іскровим запалюванням мають поршневі пальці діаметром 20–23 мм, і більше, а двигуни з малим об'ємом – 17–19 мм. Поршневі пальці дизельних двигунів легкових автомобілів мають діаметри в межах 24–30 мм. Збільшення діаметра пальця дозволяє зберегти малі питомі навантаження на робочі поверхні.

Найбільш часто використовують можливість повороту пальця і в боишках і у верхній головці шатуна. Палець такого типу називають плаваючим. Для його фіксації в осьовому напрямку найбільш часто застосовують фіксуючі кільця (рис. 4.39).

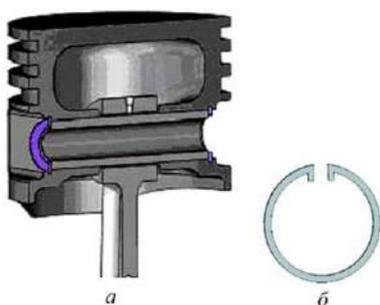


Рисунок 4.39 – Фіксація плаваючого поршневого пальця:
a – схема установки; *б* – основний тип фіксуючих кілець

Шатун передає зусилля від поршневого пальця на шатунних шийку колінчастого вала. Верхня головка рухається зворотно-поступально, повертаючись на деякий кут щодо осі поршневого пальця. Нижня головка обертається разом із шатунною шийкою колінчастого вала, а стрижень шатуна здійснює коливальні рухи щодо осі поршневого пальця. На шатун діють знакозмінні несиметричні циклічні навантаження, в зв'язку з чим основною характеристикою є міцність від утомленості. Крім цього, шатун повинен володіти високою жорсткістю і мати малу вагу. Загальний вигляд шатуна в зборі наведено на рис. 4.40.

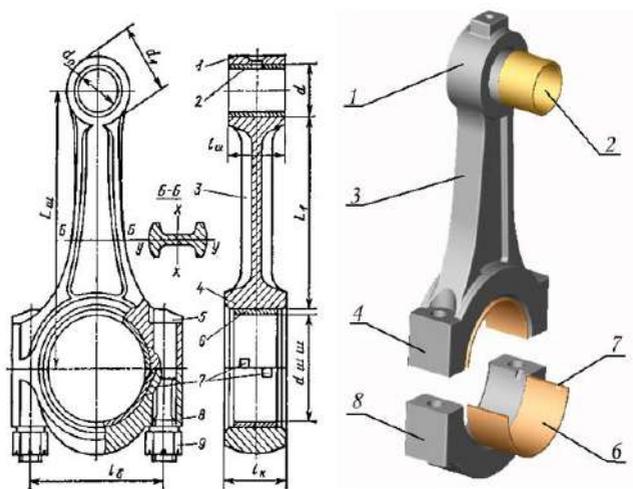


Рисунок 4.40 – Загальний вигляд шатуна:

- 1 – верхня головка шатуна; 2 – втулка верхньої головки шатуна;
- 3 – стрижень шатуна; 4 – нижня головка шатуна; 5 – шатунний болт;
- 6 – шатунні вкладиші; 7 – замки шатунних вкладишів; 8 – кришка нижньої головки шатуна; 9 – гайка шатунного болта

Шатун складається зі стрижня, верхньої і нижньої головок. Нижня головка шатуна рознімна. У більшості шатунів рознім нижньої головки шатуна виконано плоским, прямим і перпендикулярним осі шатуна. Іноді, з метою забезпечення монтажу, рознім нижньої головки виконують

під кутом до осі стрижня шатуна. Стрижень шатуна для підвищення жорсткості має двотавровий перетин (рис. 4.41).

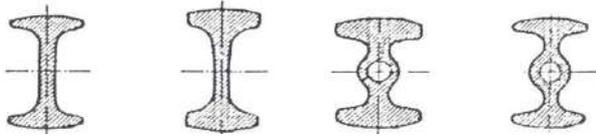


Рисунок 4.41 – Варіанти перетинів стрижня шатуна

Матеріали для шатунів – марганцевисті, хромисті, хромонікелеві, або хромомолібденові сталі зі вмістом вуглецю 0,3–0,45 %. Заготовки шатунів отримують штампуванням із проміжною термообробкою для зміцнення зі збереженням невеликої твердості, але високої в’язкості і пластичності.

Якщо габаритна ширина нижньої головки шатуна менша діаметра циліндра, то рознім головки має прямий плоский стик (рис. 4.42, а) по шліфованих поверхнях. На деяких шатунах застосовують крихкий злам лінії розніму нижньої головки шатуна, що дає практично ідеальне центрування кришки нижньої головки шатуна. Іноді кришку центрують по трикутних шліцах (рис. 4.42, б).

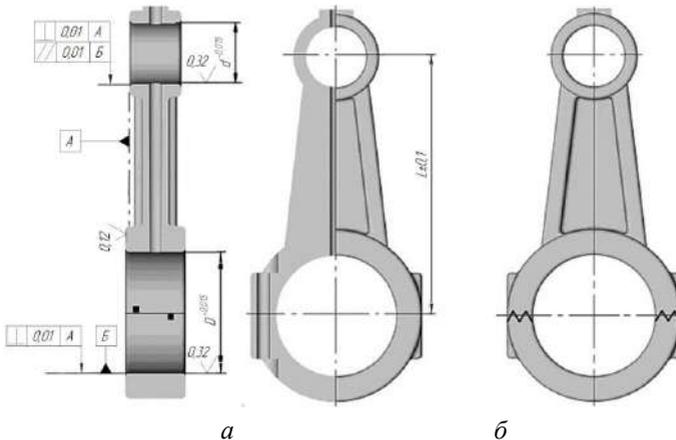


Рисунок 4.42 – Шатуни з прямим рознімом нижньої головки:

а – вимоги до розмірів і поверхонь; б – центрування кришки по трикутних шліцах

Шатунні болти працюють у режимі несиметричного циклічного навантаження і потребують досить великого зусилля попереднього затягання при відносно невеликому діаметрі. Для шатунних болтів застосовують сталі з вмістом вуглецю не менше 0,3 %. Різь дрібна і, як правило, накочується.

Гайки шатунних болтів виконуються високими, іноді зі збільшеною опорною поверхнею. Гайки утримуються або за допомогою контргайки, або спеціальної гайки, а також тільки за рахунок сил тертя в різі і на опорній поверхні.

При обертанні колінчастого вала шатун контактує з бічними (торцевими) поверхнями шатунної шийки. При осьовій фіксації шатуна в бобишках поршня палець розвертається значно менше, а отже, менший і тиск поршня. Поршневий палець у цьому варіанті виходить коротший, жорсткіший і легший. Для плаваючих пальців у верхню головку шатуна встановлюється втулка – підшипник ковзання.

Контрольні запитання

1. Призначення, особливості конструкцій кривошипно-шатунних механізмів, деталей ДВЗ та їх призначення.
2. Основні елементи поршня, параметри головки і спідниці поршня.
3. Конструктивні особливості компресійних і маслознімних кілець.
4. Види гільз циліндрів, їх установка в блоці циліндрів.
5. Опишіть призначення і будову колінчастих валів. З яких металів і як вони виготовляються? Які переваги і недоліки використуваних матеріалів?
6. Яке призначення і будова шатунів та їх підшипників?
7. Опишіть призначення і будову поршнів.
8. Яке призначення, будова й умови роботи поршневих кілець?
9. Яке призначення, будова й умови роботи поршневих пальців?
10. Опишіть призначення маховика. Як здійснюється правильне з'єднання маховика з колінчастим валом?
11. Як колінчасті вали різних моделей двигунів стримують від осьового зсуву?
12. Яке призначення і будова корінних підшипників колінчастого вала?

Лабораторна робота 5

МЕХАНІЗМИ І ПРИСТРОЇ ЗМІНИ ФАЗ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ДВЗ

Мета роботи – вивчення сучасних конструкцій основних параметрів газорозподільного механізму двигуна внутрішнього згорання.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції двигунів автомобілів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкції сучасних ГРМ

ДВЗ;

- двигуни в розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити складові частини пристроїв зміни фаз газорозподілу;
- визначити їх призначення;
- визначити та класифікувати механізми і будову ГРМ згідно варіантом;
- подати в звіті структуру кожної системи зміни фаз газорозподілу ГРМ відповідно до завдання.

Загальні положення

Фази газорозподілу в поршневих двигунах внутрішнього згорання – це моменти відкриття та закриття впускних і випускних клапанів (вікон). Фази газорозподілу (рис. 5.1) зазвичай виражаються в градусах повороту колінчастого вала та відзначаються по відношенню до початкових або кінцевих моментів відповідних тактів (рис. 5.1).

Так, наприклад, для роботи на холостому ході доречні вузькі фази газорозподілу з пізнім відкриттям і раннім закриттям клапанів без перекриття фаз (час, коли впускний і випускний клапани відкриті одночасно), тому що так вдається виключити закид вихлопних газів у впускний колектор.

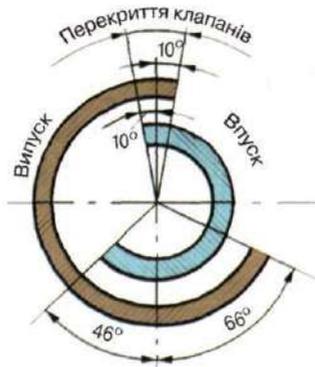


Рисунок 5.1 – Фази газорозподілу двигуна

Ефективність роботи двигуна – його ККД, потужність, крутний момент і економічність залежать від багатьох факторів, у тому числі і від фаз газорозподілу, тобто від своєчасності відкриття та закриття впускних і випускних клапанів. У звичайному чотиритактному двигуні внутрішнього згоряння клапани приводяться в дію кулачками розподільного вала.

Профіль цих кулачків визначає момент і тривалість відкриття (тобто ширину фаз), а також величину ходу клапанів. У більшості сучасних двигунів фази змінюватися не можуть. І робота таких двигунів не відзначається високою ефективністю. Справа в тому, що характер поведінки газів (горючої суміші та відпрацьованих газів) у циліндрі, а також у впускному і випускному тракті змінюється залежно від режимів роботи двигуна. Постійно змінюється і швидкість струму, виникають різного роду коливання пружного газового середовища, які приводять до корисних резонансів або, навпаки, паразитних застійних явищ. Через це швидкість і ефективність наповнення циліндрів при різних режимах роботи двигуна не однакова.

При роботі на максимальній потужності ситуація сильно змінюється. З підвищенням обертів колінчастого вала час відкриття клапанів закономірно скорочується, але для забезпечення високих крутного моменту і потужності через циліндри необхідно прогнати багато більший обсяг газів, ніж на холостому ході. Для розв’язання такої

непростої задачі необхідно відкривати клапани трохи раніше і збільшувати тривалість їх відкриття, іншими словами, зробити фази максимально широкими. При цьому для кращого продування циліндрів фазу перекриття зазвичай роблять тим ширшою, чим вищі оберти.

Отже при розробці та доведенні двигунів конструкторам доводиться пов'язувати ряд взаємовиключних вимог і йти на складні компроміси. З одними й тими самими фіксованими фазами двигун повинен володіти непоганою тягою на низьких і середніх обертах колінчастого вала, прийнятною потужністю – на високих. І до того ж стійко працювати на режимі холостого ходу, бути максимально економічним та екологічним.

«Фазообертачі» – спеціальні муфти, здатні під дією керуючої електроніки та гідравліки повертати розподільний вал на певний кут щодо його початкового положення. Найбільш часто така система встановлюється на впуску. З підвищенням обертів колінчастого вала муфта прокручує кулачковий вал по ходу обертання, що веде за собою більш раннє відкриття впускних клапанів і як наслідок – краще наповнення циліндрів на високих обертах.

Провідні інженери світу не зупинилися на цьому і розробили ряд систем, здатних не тільки рухати фази, але і розширювати або звужувати їх. Залежно від конструкції це може досягатися кількома способами. Наприклад, у тойотівській системі *VVTL-i* після досягнення певних обертів (6000 хв^{-1}) замість звичайного кулачка в роботу починає вступати додатковий кулачок – зі зміненим профілем. Профіль цього кулачка задає інший закон руху клапана, ширші фази і, до речі, забезпечує його більший хід.

При розкручуванні колінчастого вала до максимальних обертів (близько 8500 хв^{-1}) на частоті обертання в $6000\text{--}6500 \text{ хв}^{-1}$ у двигуна немов відкривається друге дихання, здатне надати автомобілю різке і потужне підхоплення при прискоренні.

Змінювати момент і тривалість відкриття – це чудово. А що якщо спробувати змінювати висоту підйому? Адже такий підхід дозволяє позбутися дросельної заслінки і перекласти процес керування режимами роботи двигуном на газорозподільний механізм (ГРМ). Заслінка шкідлива заслінка тим, що вона погіршує наповнення циліндрів на низьких і середніх обертах колінчастого вала. Адже у впускному тракці

під прикритим дроселем при роботі двигуна створюється сильне розрідження. Воно призводить до великої інертності розрідженого газового середовища (паливоповітряної суміші), погіршення якості наповнення циліндра свіжим зарядом, зниження віддачі і зменшення швидкості відклику на натиснення педалі газу.

Тому ідеальним варіантом було б відкривати впускний клапан тільки на час, необхідний для досягнення потрібного наповнення циліндра горючою сумішшю. Відповідь інженерів – механічна система керування підйомом впускних клапанів. У таких системах висота підйому і, відповідно, тривалість фази впуску змінюються залежно від натискання на педаль газу. За різними даними, економія від застосування системи бездросельного керування може становити від 8 до 15 %, приріст потужності і моменту в межах 5–15 %. Але і це не останній рубіж. Незважаючи на те, що кількість і розміри клапанів наблизилися до максимально можливих, ефективність наповнення й очищення циліндрів можна зробити ще вищою. Це можна зробити за рахунок швидкості відкриття клапанів.

По правді, механічний привід тут поступається електромагнітному приводу. Перевага електромагнітного приводу також у тому, що закон (прискорення в кожен момент часу) підйому клапана можна довести до ідеалу, а тривалість відкриття клапанів дозволяється змінювати в дуже широких межах. Електроніка відповідно до прописаної програми час від часу може не відкривати непотрібні клапани, а циліндри відключати зовсім.

Це відбувається з метою економії, наприклад, на режимі холостого ходу, при русі в сталому режимі або при гальмуванні двигуном. Так що прямо під час роботи електромагнітний ГРМ здатний перетворити звичайний чотиритактний двигун у шеститактний.

Мабуть, подальше збільшення ефективності роботи двигуна за рахунок ГРМ уже неможливо. Вичавити ще більше потужності і моменту з того самого обсягу при меншій витраті можна буде тільки із застосуванням інших засобів. Наприклад, комбінованого наддування або конструкцій, що змінюють ступінь стиснення, інших видів палива.

Система Valvetronic (VT) (рис. 5.2) – забезпечує подачу повітря в циліндр двигуна без дросельної заслінки (привід електромеханічний з електронним керуванням).

Будова: електродвигун, черв'ячна передача, вал приводу проміжних важелів, пружини проміжного важеля забезпечує постійний контакт ролика важеля з поверхнею кулачка кулачкового вала. Проміжний важіль своєю п'ятою (кінцем) обпирається на ролик важеля приводу клапанного механізму (п'ята цього важеля контактує зі стрижнем клапана). Електродвигун, керований бортовим комп'ютером, через черв'ячну передачу повертає ексцентриковий вал для того, щоб змінити стан проміжного важеля і передавальне зусилля на важіль приводу клапана. Зміна положення проміжного важеля впливає на величину відкриття клапана (рис. 5.2).

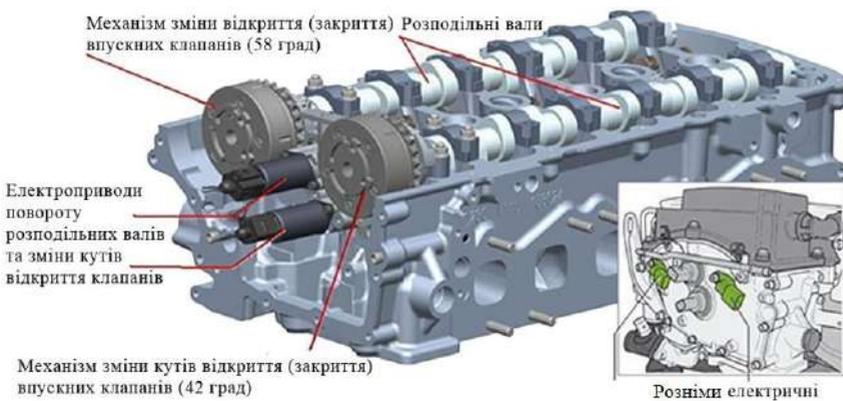


Рисунок 5.2 – Механізм зміни кутів відкриття клапанів

Система *Valvetronic* дозволила відмовитися від дросельної заслінки, система змінює і ступінь відкриття клапанів, і фази. Застосовується вона на двигунах *BMW* з 2001 року. Хід клапана змінюється за допомогою електродвигуна і складної кінематичної схеми в межах 0,2–12 мм багатоступінчасто.

Система *Variable Valve Event and Lift System (VEL)*, розроблена фірмою *Ніссан*. Спеціальний ексцентрик, який приводиться від

електродвигуна, зміщує точку опори коромисла, і за рахунок цього змінює хід клапана. Висота підйому варіюється в межах 0,5–12 мм.

Система *Variocam Plus* (VP) Веріокем Плюс (рис. 5.3) - координує фази газорозподілу і висоту підйому клапана (привід електромеханічний з електронним керуванням) поступово.



Рисунок 5.3 – Система *Variocam Plus*

Між впускним розподільним валом і зубчастим колесом ланцюгового приводу розташований пристрій, що називається «фазообертачом», який зрушує їх відносно один одного, змінюючи момент відкриття клапанів. Висоту підйому визначає штовхач із двох циліндрів – один в іншому. Коли працює внутрішній, клапан відкривається на 3,6 мм, розпочинає працювати зовнішній – хід збільшується до 9,35 мм.

Внутрішній циліндр у вигляді стрижня приводиться в дію кулачком, який має малий виступ. Послідовність передачі зусилля на клапан така: кулачок вала, стрижень тобто, малий циліндр, а потім клапан. Водночас два інших кулачки вала мають великі виступи, що переміщують великий циліндр, усередині якого знаходиться пружина. Пружина стискається і при цьому створює зусилля недостатнє для переміщення клапана ГРМ. При зміні навантаження на двигун у бік збільшення мікропроцесор дає

команду гідравлічній системі на блокування циліндрів. При цьому переміщувані штифти (штовхачем, що розміщується в радіальних каналах великого циліндра) під тиском масла входять в отвори стрижнів (малого циліндра) і блокують відносно переміщення великого та малого циліндрів. Кулачки вала, що мають великі виступи, просувають циліндри, які становлять «єдине ціле», переміщуючи клапан ГРМ на велику відстань, забезпечуючи збільшену подачу в циліндр свіжого вагового заряду (повітря або горючу суміш залежно від того, на якому двигуні встановлено цю систему).

Система *Valve Timing and Lift Electronic Control (VTEC)* (рис. 5.4) – ГРМ з електроконтролем часу і висоти підйому клапана забезпечує два варіанти ступеневого керування впускними клапанами (привід електромеханічний з електронним керуванням).

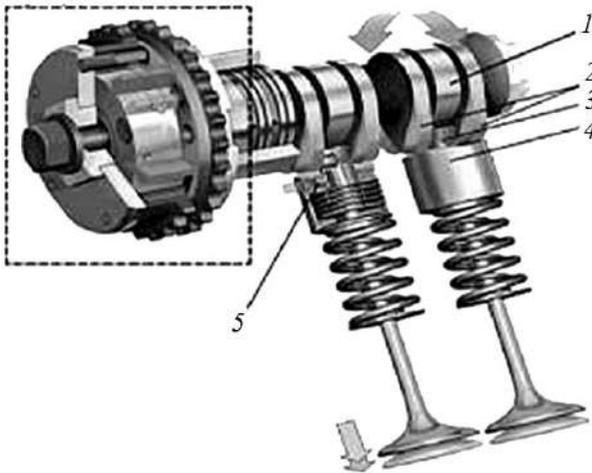


Рисунок 5.4 – Система *Valve Timing and Lift Electronic Control*:
1, 2 – кулачки великих і малих обертів, відповідно; 3 – рокер кулачка 1;
4 – рокер кулачків 2; 5 – клапан

Ці системи є клапанні механізми з групами кулачків різного профілю, що забезпечують різні фази газорозподілу і висоту підйому

клапана. Кожна така група призначена для клапана (однойменних клапанів), окремо для кожного циліндра. Один кулачок *1* працює при знижених частотах обертання колінчастого вала, інший (або інші – 2) приходять йому на зміну при збільшенні швидкісного режиму двигуна. Будова: кулачковий вал в області камери згоряння має два кулачки *1* і *2* для приводу впускних клапанів. Ці клапани приводяться в дію двома коромислами. Ступінь відкриття клапанів відрізняється один від одного і забезпечується відповідними профілями кулачків. При мінімальному навантаженні на двигун більшою мірою відкривається один клапан (до 100 %). Зі збільшенням навантаження на двигун за допомогою електронної системи керування забезпечується переміщення штифта, який з'єднує обидва коромисла в «єдине ціле». В цьому випадку важельна система приводу клапанів забезпечує одночасне відкриття клапанів до 100 % роботою другого кулачка вала. Останній має великий виступ в порівнянні з першим кулачком і працює до блокування коромисел переміщенням штифта під тиском масла, керованого мікропроцесором системи.

Система з'явилася одночасно з *SOHC VTEC* (рис. 5.5), і схожа з нею за деякими особливостями. Ця система, тим не менш, використовується для інших цілей, а саме: для підвищення економічних показників

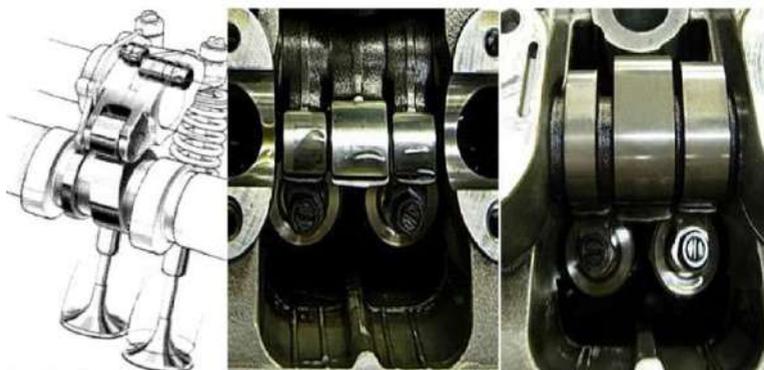


Рисунок 5.5 – Система *VTEC* (*Valve Timing and Lift Electronic Control*)

двигуна. Її конструктивними особливостями є:

- один розподільний вал, чотири клапани на циліндр;
- використовуються роликові коромисла;
- система *SOHC VTEC* використовується тільки для впускних клапанів;

– на кожні два впускні клапани доводиться два кулачки, профіль одного з яких майже цілий.

SOHC VTEC-E (рис. 5.6.) також має два режими роботи. При невеликих частотах обертання обидва впускні клапани керують своїми кулачками, але оскільки один із цих кулачків є практично круглим, лише трохи відкриваючи клапан для запобігання скупчуванню горючої суміші, реально працює тільки другий клапан. Через несиметричність потоку повітря, яке надходить (один клапан закритий, а другий відкритий), виникають завихрення, що дозволяє працювати на досить бідній суміші. При збільшенні обертів колінчастого вала спрацьовує система *VTEC*, і обидва клапани починають керувати одним нормальним кулачком.

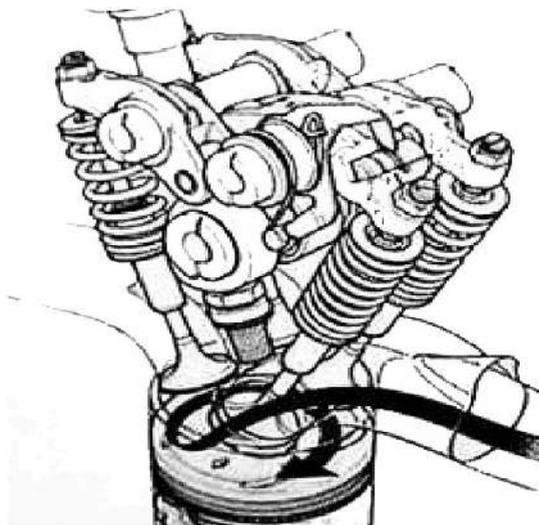


Рисунок 5.6 – Система *SOHC VTEC-E*

Система VLT (рис. 5.7) із замикаючим валом з ексцентриком (рис. 5.7). У роботі цієї системи забезпечується зміна величини плеча коромисла, що впливає на клапан ГРМ. Величина плеча коромисла змінюється зміщенням його ролика ексцентриком замикаючого вала. Положення вала а, отже, і ексцентрика забезпечується роботою електродвигуна, що з'єднаний черв'ячною передачею з валом і керованим комп'ютером. Система забезпечує багатоступеневість відкриття впускного клапана, тим самим вимикає у впускному тракті повітряну заслінку.

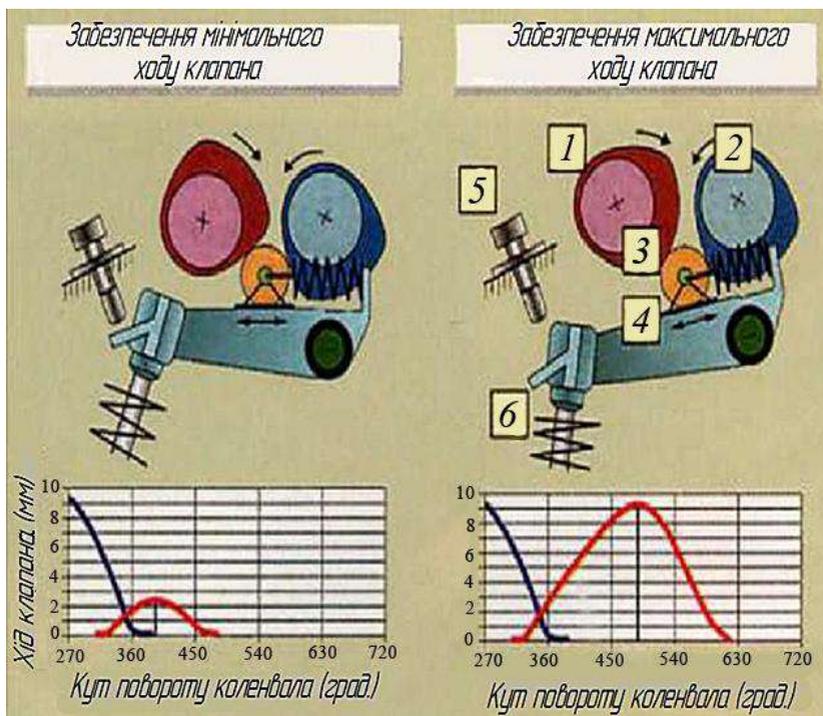


Рисунок 5.7 – Система VLT:
 1, 3 – ексцентрики; 2 – ролик;
 4 – коромисло; 5 – упор; 6 – клапан

Система *Active Valve Train (AVT)* (рис. 5.8) – система ГРМ без розподільного вала (клапани відкриваються електромагнітним або гідравлічним приводом, керованим електронікою).

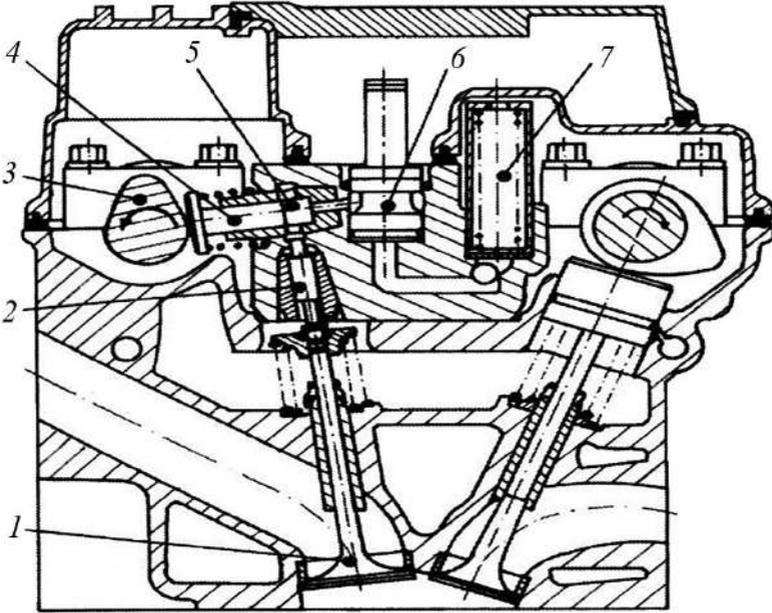


Рисунок 5.8 – Система *Active Valve Train (AVT)*:

- 1 – впускний клапан; 2 – поршень; 3 – розподільний вал; 4 – плунжерний штовхач; 5 – масляна камера циліндра плунжерного штовхача;
- 6 – електромагнітний клапан; 7 – масляний резервуар

Електромагніти

Безулачковий ГРМ з електромагнітним приводом клапанів (*Valeo*) (рис. 5.9). На стрижень клапана впливає потужний електромагніт із зусиллям до 800...1000 Н. При меншому зусиллі фази газорозподілу притримуватися не будуть.

Електромагнітами керує мікропроцесорна система, забезпечуючи своєчасну швидкодію спрацьовування клапанних механізмів і відповідну

висоту їх підйому. Цим відповідний ступінь відкриття клапана. У такій системі відсутні кулачкові вали, а також деталі приводу клапанного механізму. Цим конструктивним рішенням виключається інерційність дії приводу клапанного механізму.

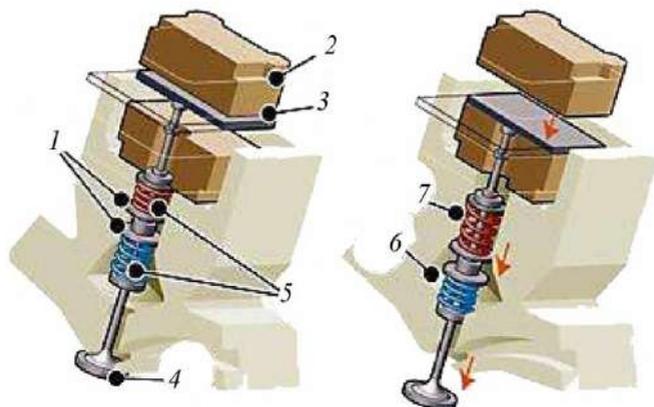


Рисунок 5.9 – Електромагнітний клапанний механізм Valeo:

1 – шайби; 2 – електромагніт; 3 – пластина; 4 – клапан; 5 – пружина;
6 – стиск пружини; 7 – розтягнення пружини

Переваги при використанні електромагнітного приводу клапанів ГРМ:

- виключає вплив крутильних коливань колінчастого вала на фази газорозподілу;
- відкриття і закриття клапана проводиться в межах часток градуса повороту колінчастого вала, що дозволяє гнучко регулювати фази газорозподілу;
- висока швидкодія дозволяє значно скоротити час контакту головки клапана з високотемпературним робочим середовищем;
- додаткове охолодження випускного клапана, що виникає за рахунок ефекту перекриття, дозволяє знизити теплову напруженість клапана;
- газорозподільний механізм з електромагнітним приводом клапанів може бути встановлений на двигун, незалежно від того, на якому виді палива (бензин, метанол, етанол, водень та ін.) він працює;

– забезпечує оптимальне протікання робочого циклу, процесів подачі палива і повітря газообміну зниження токсичності відпрацьованих газів.

Система *DOD (Disprocement On Demant)* – (робочий об'єм за вимогою) – система відключення циліндрів: електромагніти «замикають» штовхачі клапанів половини циліндрів (рис. 5.10).

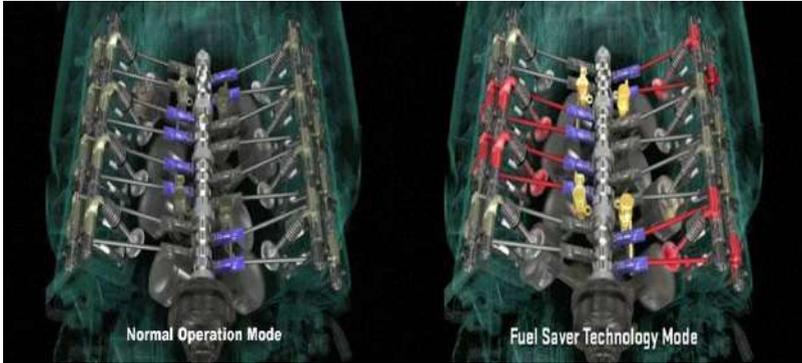


Рисунок 5.10 – Система *DOD (Disprocement On Demant)*

Фазообертачі

Механізм *Double VANOS* – гідравлічний механізм може міняти конфігурацію ланцюгового приводу, що зв'язує обидва розподільних вали, і таким чином змінювати фази газорозподілу (рис. 5.11). Для цього в механізмі приводу кулачкових валів вмонтований гідроциліндр із поршнем і штоком. На кінці штока закріплена напрямна приводного ланцюга кулачкових валів, яка розміщується в напрямних кришки гідроциліндра. При подачі масла під тиском у гідроциліндр механізму змінюється положення приводного ланцюга кулачкових валів, тобто, піднімаючи ланцюг на своїх напрямних, вона вигинається, і при цьому зірочки кулачкових валів повертаються назустріч одна до одної, змінюючи положення валів, отже, і кулачків. У цьому випадку кулачки валів із випередженням впливають на клапанні механізми, змінюючи фази газорозподілу. При скиданні тиску в гідроциліндрі приводний ланцюг кулачкових валів опускається та сприяє повороту кулачкових

валів в протилежному напрямку. В цьому випадку кулачки валів із запізненням впливають на клапанні механізми.

Подача масла в гідроциліндр забезпечується по масляному каналу, який перекривають клапанним пристроєм з соленоїдом, керуваним комп'ютером автомобіля.

Doppel-VANOS (Doppel Variable Nockenwellen Steuerung) від BMW вміє рухати фази плавно від початкового до кінцевого значення. За допомогою гідравліки система керує як процесами впуску, так і випуску (рис. 5.11).

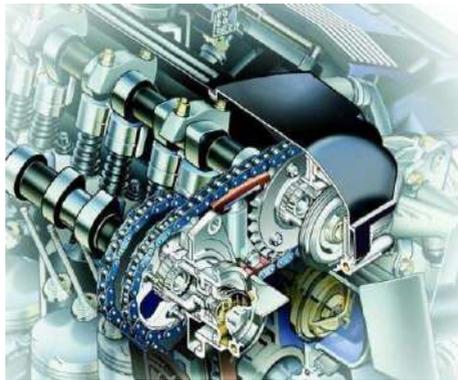


Рисунок 5.11 – *Doppel-VANOS*

Система *VIVT (Variable Inlet Valve Timing)* – в приводі кулачкового вала впускних клапанів вмонтовано гідравлічну систему, керовану електронікою, причому вплив тиску масла передається на втулку зі спіральними зубами, що виконує функцію поршня. Поршень – втулка, переміщуючись, під тиском масла щодо ведучої зірочки прокручує кулачковий вал, змінюючи момент початку відкриття впускних клапанів.

Система *VVT-i (див. рис. 5.12 і 5.13) (Variable Valve Timing intelligent)* – зміна фаз газорозподілу («фазообертач») дозволяє плавно змінювати фази газорозподілу відповідно до умов роботи двигуна. Це досягається шляхом повороту розподільного вала впускних клапанів щодо вала випускних у діапазоні 40–60 ° (по куту повороту колінчастого вала). В результаті змінюється момент початку відкриття впускних

клапанів і величина часу «Перекриття» (тобто часу, коли випускний клапан ще не закрито, а впускний – уже відкрито).

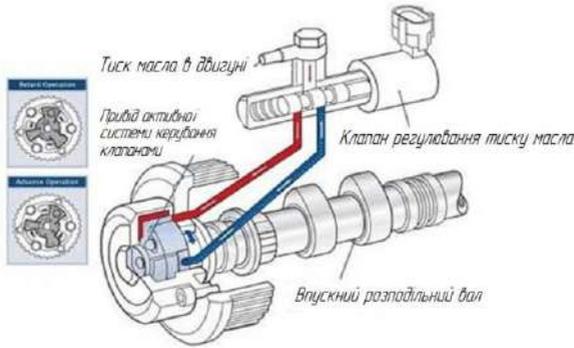


Рисунок 5.12 – Система VVT-i

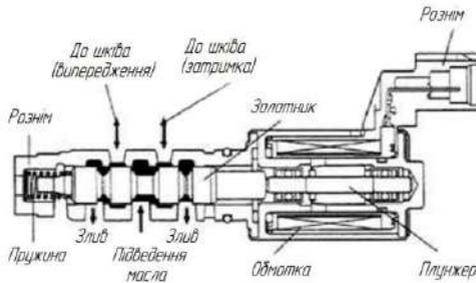


Рисунок 5.13 – Золотник системи VVT

Виконавчий механізм VVT-i розміщений у шківі розподільного вала – корпус приводу з'єднаний із зірочкою або зубчастим шківом (рис. 5.12), ротор – із розподільним валом. Масло підводиться з однієї чи іншої сторони кожної з пелюсток ротора, примушуючи його і сам вал повертатися. Якщо двигун заглушений, то встановлюється максимальний кут затримки (тобто кут, відповідний до найбільш пізнього відкриття і закриття впускних клапанів). Щоб відразу після запуску, коли тиск у

масляній магістралі ще недостатньо для ефективного керування *VVT-i*, не виникало ударів у механізмі, ротор з'єднується з корпусом стопорним штифтом (потім штифт віджимається тиском масла).

Керування *VVT-i* здійснюється за допомогою масляного клапана *VVT (OCV – Oil Control Valve)* (рис. 5.14 – 5.16). За сигналом блока керування електромагніт через плунжер переміщує основний золотник (див. рис. 5.13), пропускаючи масло в тому чи іншому напрямку. Коли двигун заглушений, золотник переміщається пружиною таким чином, щоб встановився максимальний кут затримки. Для повороту розподільного вала масло під тиском за допомогою золотника направляється до однієї зі сторін пелюсток ротора (рис. 5.14 або 5.15), одночасно відкривається на злив порожнина з іншого боку пелюстки.

Після того як блок керування визначає, що розподільний вал зайняв необхідне положення, обидва масляних канали до шківів перекриваються, і він утримується у фіксованому положенні (рис. 5.16).

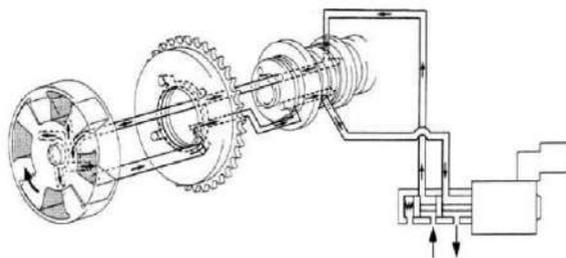


Рисунок 5.14 – Функціонування системи *VVT-i* при повороті розподільного вала в сторону більш раннього відкриття клапанів

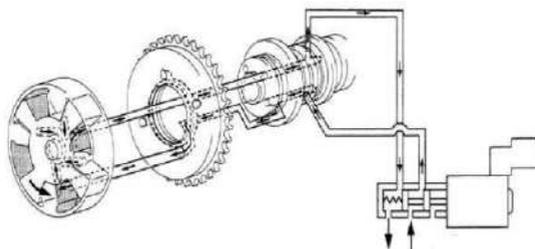


Рисунок 5.15 – Функціонування системи *VVT-i* при повороті розподільного вала в сторону більш пізнього відкриття клапанів

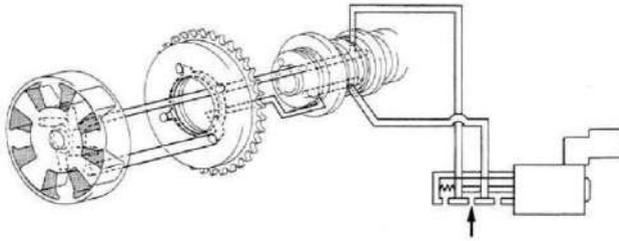


Рисунок 5.16 – Функціонування системи VVT-i у режимі утримання

При застосуванні сучасних механізмів ГРМ можливо отримати приріст показників ДВЗ у межах від 8...15 % як за потужністю так і за моментом.

Контрольні питання

1. Навіщо міняти фази газорозподілу?
2. Принцип роботи системи *Valvetronic (VT)*.
3. Принцип роботи системи *Variable Valve Event and Lift System (VEL)*.
4. Система *Variocam Plus (VP)*.
5. Система *Valve Timing and Lift Electronic Control (VTEC)*.
6. Де використовується система *SOHC VTEC*?
7. Принцип роботи системи *VLT*.
8. Принцип роботи система *Active Valve Train (AVT)*.
9. Принцип роботи безулачкового ГРМ з електромагнітним приводом клапанів (*Valeo*).
10. Принцип роботи системи *DOD (Disprovement On Demant)*.
11. Фазообертачі. Механізм *Double VANOS*.
12. Принцип дії механізму *Doppel-VANOS (Doppel Variable Nockenwellen Steuerung)*.
13. Принцип роботи системи *VIVT (Variable Inlet Valve Timing)*.
14. Принцип роботи системи *VVT-i (Variable Valve Timing intelligent)*.
15. Призначення масляного клапана VVT-i (*OCV - Oil Control Valve*).
16. Принцип функціонування системи VVT-i при повороті розподільного вала в сторону більш раннього відкриття клапанів.
17. Функціонування системи VVT-i в режимі утримання.

Лабораторна робота 6

СИСТЕМИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу систем, що використовуються на різних двигунах внутрішнього згоряння автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції двигунів автомобілів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій сучасних двигунів;
- двигуни в розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- визначити та класифікувати системи бензинового і дизельного двигунів;
- вивчити складові частини систем двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), виділити складові механізми та пристрої. Визначити їх призначення;
- відобразити в звіті структуру кожної системи ДВЗ.

Система живлення

Призначення системи живлення:

- очищення повітря і палива;
- приготування з них горючої суміші певного складу;
- подача її (або окремо повітря і палива) в камеру згоряння;
- відведення з циліндрів відпрацьованих газів.

Відповідно до цього в системі живлення можна виділити такі складові: систему підготовки повітря, паливну систему, систему глушіння відпрацьованих газів.

Виходячи з призначення, система живлення повинна забезпечити:

- дозування палива (подачу потрібної кількості);
- якісне приготування суміші;
- своєчасну подачу палива або суміші.

Класифікація систем живлення. У дизелях системи живлення ділять за такими ознаками:

- **способом руху палива** – тупикові та з циркуляцією палива;
- **типом механізму подачі** – з об'єднаними насосом і форсункою (**насос-форсунка**) та розділеними насосом і форсунками.

У двигунах з іскровим запалюванням системи живлення бувають карбюраторні і з упорскуванням бензину.

Повітря при подачі в циліндри потрібно підготувати – очистити від пилу. Для очищення повітря застосовують три способи:

- **фільтрацію** – забруднене повітря проходить через фільтруючий елемент (найчастіше зі спеціального паперу);

- **інерційний** – рухомий з великою швидкістю повітря різко змінює напрямок. Під дією виникаючих при цьому відцентрових сил з потоку повітря до стінок корпусу викидаються важкі механічні домішки;

- **контактний** – у процесі руху повітря контактує з липким речовиною (маслом), до якого і прилипають механічні частинки.

Вимоги до очисників повітря: високий ступінь очищення повітря; малий опір проходженню повітря; простота конструкції та технічного обслуговування.

Сухі очисувачі повітря застосовують майже на всіх автомобілях. Їх основним елементом є одноразовий фільтр-патрон.

Потужність двигуна залежить перш за все від кількості палива, яке можна спалити в циліндрі протягом одного циклу. Воно, в свою чергу, залежить від кількості повітря, що подається в циліндр при «пуску». Якщо повітря нагнати в циліндр під тиском, то маса його буде більшою, отже, можна більше спалити палива. Такий спосіб подачі повітря називають наддуванням. Воно буває примусовим, коли повітря нагнітається механічним насосом із приводом від колінчастого вала, і газотурбінним (турбонаддування), коли повітряний насос приводиться в дію від газової турбіни, що обертається відпрацьованими газами на випуску з циліндра.

Газотурбінне наддування найбільш поширений. Турбокомпресор, що складається з насосного та турбінного коліс, встановлюють на

двигуні. Відпрацьовані гази з циліндра через випускний колектор надходять до турбіни й обертають її вал із частотою 15...100 тис. хв⁻¹. На одному валу з турбіною встановлено насосне колесо (осьовий компресор), яке нагнітає повітря у впускний колектор. Наддування залежно від тиску нагнітання буває низьке (тиск до 0,15 МПа), середнє (до 0,22 МПа) і високе (понад 0,22 МПа).

Системи живлення з упорскуванням бензину класифікують за такими ознаками:

- *місцем підведення палива* – центральне (одноточкове) впорскування, розподілене (форсунки у кожного впускного клапана), безпосереднє (форсунки в головці циліндрів);

- *способом подачі палива* – з безперервним упорскуванням (у системах «Джетронік» типів Д і К) і переривчастим упорскуванням (в системі «L Джетронік»), яке буває фазованим (подача бензину тільки на впуску) і нефазованим (подача на кожному оберті колінчастого вала);

- *способом регулювання кількості палива* – пневматичні, механічні, електронні;

- *способом визначення витрати повітря* – за розрідженням у впускному колекторі, кутом повороту дросельної або спеціальної (типу «парус») заслінки, показаннями термоанемометричного датчика.

Розглянемо систему живлення з впорскуванням бензину (рис. 6.1). Бензин із бака під тиском подається через гідроаккумулятор і паливний фільтр до дозатора-розподільника, а від нього до рампи – спеціальним трубопроводом, в якому підтримується постійний тиск. У рампі встановлено форсунки, які впорскують бензин у впускний колектор. Оскільки в рампі підтримується постійний тиск, то кількість палива, що впорскується форсункою палива, буде залежати тільки від часу її відкриття. Знаючи витрату повітря, необхідного на цей момент, можна подати точну дозу палива. Кількість повітря заміряє датчик-витратомір. Він же впливає на регулятор тиску палива, а той в свою чергу на дозатор-розподільник, забезпечуючи заданий тиск і циклову подачу. Насос розрахований на подачу палива в 5...10 разів більшу, ніж потрібно для роботи двигуна при повному навантаженні, тому більша частина палива

від регулятора тиску йде на злив, що забезпечує прокачування палива через фільтр кілька разів за годину.

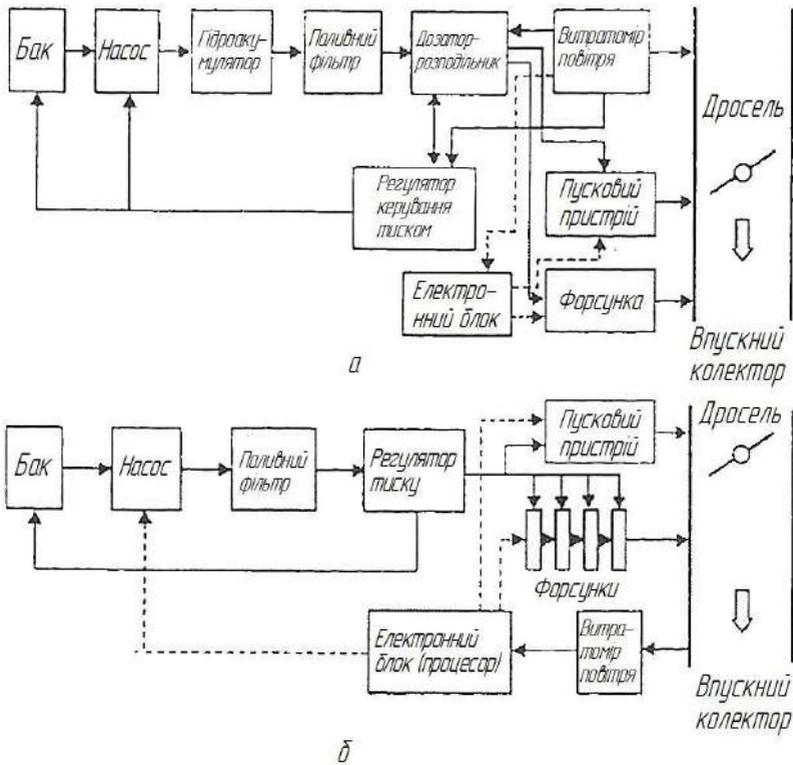


Рисунок 6.1 – Структурні схеми систем живлення «Джетронік» типів К (а) і L (б) (штрихові лінії для систем типу KE і LE)

При пуску двигуна в роботу включається пускова форсунка, а повітря в циліндри надходить через спеціальний додатковий канал у впускному колекторі.

Для точного керування роботою системи в останніх моделях (типу KE) встановлюють електронний блок керування, який керує режимом роботи насоса і форсунок разом із дозатором-розподільником (показано на рис. 6.1 штриховими лініями).

Система випуску газів

Призначена для відведення відпрацьованих газів і зниження шуму при роботі двигуна.

Систему з глушником шуму при випуску віпрацьованих газів подано на рис. 6.2.

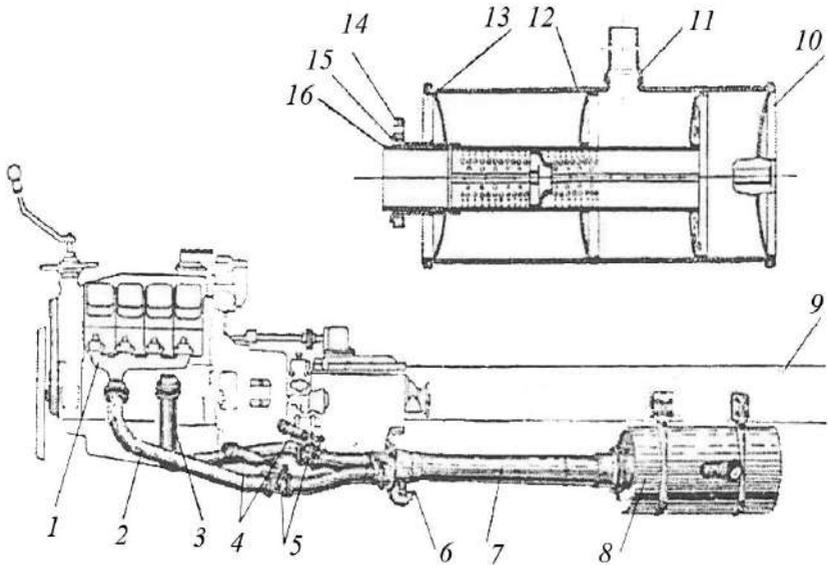


Рисунок 6.2 – Глушник шуму системи випуску: 1 – двигун; 2 – ліва приймальна труба; 3 – права приймальна труба; 4 – пневматичні циліндри моторного гальма; 5 – моторні гальма; 6 – трійник; 7 – рукав приймальних труб; 8 – глушник; 9 – рама; 10 – заднє дно корпусу глушника; 11 – випускний патрубок глушника; 12 – корпус глушника; 13 – переднє дно корпусу глушника; 14 – натяжний фланець приймального патрубку; 15 – упорний фланець приймального патрубку глушника; 16 – перфорована трубка

Масильна система

Ця система (рис. 6.3) служить для підведення масла до поверхонь тертьових деталей.

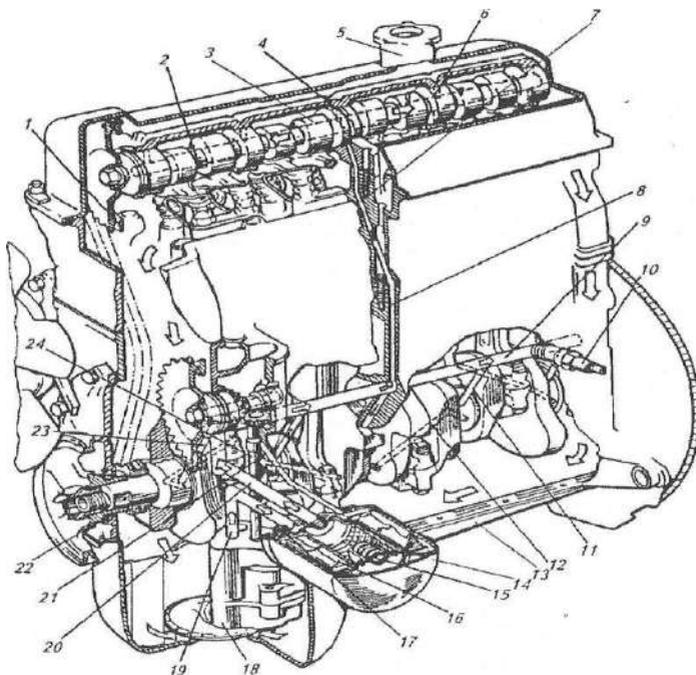


Рисунок 6.3 – Мазильна система двигуна автомобіля:

- 1 – отвір у зірочці для змащування ланцюга; 2 – магістральний канал у розподільному валу; 3 – канал у кулачку розподільного вала; 4 – кільцева виточка на середній опорній шийці розподільного вала;
- 5 – маслозаливна горловина; 6 – канал в опорній шийці розподільного вала;
- 7 – похилий канал у головці циліндрів; 8 – канал підведення масла до газорозподільного механізму; 9 – головна масляна магістраль у блоці циліндрів;
- 10 – датчик сигнальної лампи недостатнього тиску масла;
- 11 – канал подачі масла до корінного підшипника; 12 – канал подачі масла до шатунних підшипників; 13 – масляний піддон; 14 – масляний фільтр;
- 15 – перепускний клапан; 16 – картонний фільтруючий елемент;
- 17 – протидренажний клапан; 18 – масляний насос; 19 – канал подачі масла від насоса до фільтра; 20 – канал подачі масла з фільтра в головну масляну магістраль; 21 – канал подачі масла до втулки шестірні приводу масляного насоса; 22 – передня манжета колінчастого вала; 23 – канал подачі масла до корінного підшипника і валика приводу масляного насоса; 24 – валик приводу масляного насоса і розподільника запалювання

Класифікація. Залежно від умов роботи деталей і механізмів двигуна мастильний матеріал до них може підводитися декількома способами: *під тиском, крапінно (розбризкують маслом) і масляним туманом.* У сучасних двигунах застосовують комбінацію різних способів підведення масла до поверхонь сполучених тертьових деталей. Така мастильна система називається *комбінованою.*

Під тиском масло від масляного насоса підводиться:

- до корінних і шатунних підшипників колінчастого вала;
- до підшипників опорних шийок розподільного вала;
- до воісей коромисел;
- до верхніх наконечників штанг.

В окремих конструкціях під тиском змащуються втулки верхньої головки шатунів і поршневі пальці.

Розбризкуванням і масляним туманом змащуються кулачки розподільного вала, нижні наконечники штанг, напрямні втулки клапанів, механізми обертання випускних клапанів, зубчасті колеса механізму газорозподілу та інші деталі, а також найбільш навантажена частина дзеркала циліндра (через отвір у нижній головці).

Система охолодження

Призначення і класифікація, вплив теплового режиму двигуна на його роботу

Система охолодження служить для примусового відведення тепла від гарячих деталей двигуна і передачі цього тепла навколишньому середовищу. Система охолодження (рис. 6.4) призначена для підтримки заданого теплового режиму двигуна за рахунок примусового відведення теплоти від деталей двигуна до навколишнього повітря. В результаті створюється певний температурний режим, при якому двигун не перегрівається і не переохолоджується, тобто робочий цикл протікає нормально.

При перегріванні двигуна збільшуються сили тертя й інтенсивність зносу деталей, зменшуються теплові зазори, відбувається коксування масла з відкладенням нагару, погіршується наповнення циліндрів свіжим зарядом.

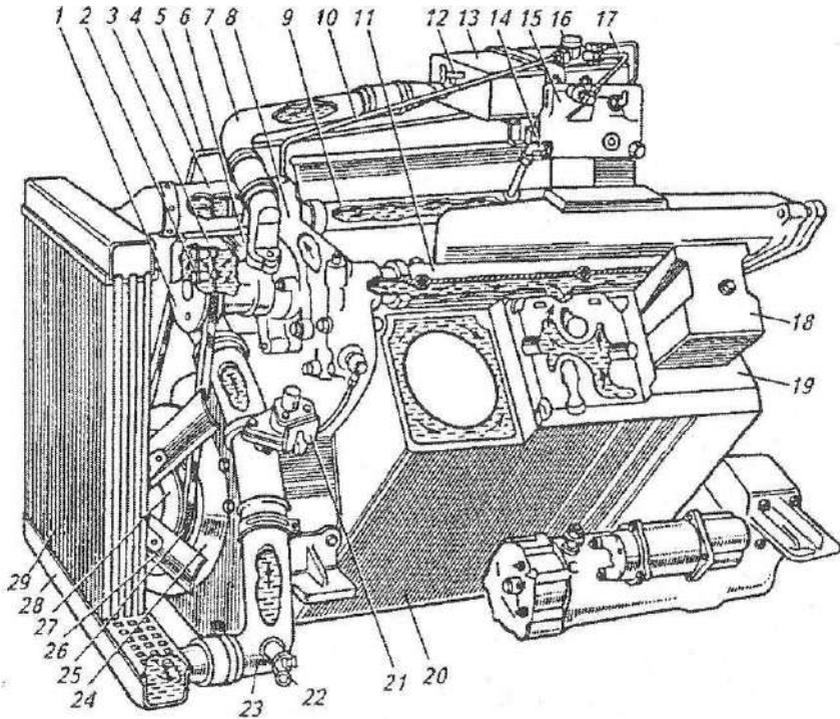


Рисунок 6.4 – Система охолодження двигуна ЯМЗ-КАЗ-642:

- 1 – шків приводу водяного насоса; 2 – термостати; 3 – патрубок водяного насоса; 4 – відвідний патрубок; 5 – паровідвідна трубка патрубка водяного насоса до розширювального бачка; 6 – водяний насос; 7 – сполучна труба; 8 – кронштейн водяного насоса; 9, 11 – відповідно, ліва і права водяні труби; 10 – повітровідвідна трубка від кронштейна водяного насоса до розширювального бачка; 12 – кран контролю рівня; 13 – розширювальний бачок; 14 – сполучна трубка від водяної труби до компресора; 15 – компресор; 16 – пробка; 17 – сполучна трубка від компресора до розширювального бачка; 18 – кришка головки циліндра; 19 – головка циліндра; 20 – блок циліндрів; 21 – вимикач гідромуфти; 22 – зливний кран; 23 – коліно відвідного патрубку радіатора; 24 – шків приводу генератора; 25 – пасові приводи агрегатів; 26 – вентилятор; 27 – гідромуфта приводу вентилятора; 28 – радіатор; 29 – жалюзі радіатора

Однак при надмірному відведенні теплоти виникає переохолодження двигуна, яке викликає зміна в'язкісних властивостей масла, збільшення зазорів, зниження потужності й економічності двигуна.

Кількість теплоти (18...35 %), яку має відводити система охолодження, залежить від потужності і режиму роботи двигуна.

Слід підтримувати оптимальний тепловий режим двигуна, який контролюється за температурою охолодної рідини в межах 85...95 °С, незалежно від його навантаження і температури навколишнього середовища. Це сприяє отриманню максимальної потужності, зниженню витрати палива і збільшенню терміну служби двигуна.

На сучасних поршневих двигунах застосовують системи рідинного або повітряного охолодження. Дуже поширені рідинні системи з примусовою циркуляцією охолодної рідини. Як охолодні рідини застосовують воду або її суміші з етиленгліколем – антифризи Тосол А-40М і Тосол А-65М. Це концентровані етиленгліколю з антикорозійними й антивспінюючими присадками, що мають густину 1,078...1,085 г/см³. Тосол А-40М являє собою 50 %-ву суміш води з етиленгліколем, яка при температурі мінус 40 °С не перетворюється в лід, не спричиняє пошкоджень блока циліндрів або радіаторів.

Система повітряного охолодження застосовується переважно на двигунах невеликого літражу. При повітряному охолодженні зайва теплота відводиться потоком повітря через оребрені поверхні циліндрів і головок циліндрів. Цей потік створюється лопатевим вентилятором із пристроєм, що регулює інтенсивність потоку залежно від ступеня охолодження деталей двигуна.

Кількість тепла, що відводиться системою, становить 25–30 % від усієї теплоти, що виділяється в робочих циклах при згорянні палива. При зміні режиму роботи двигуна це процентне співвідношення має

залишатися постійним для запобігання перегріву або переохолодженню двигуна.

Порушення правильного відведення тепла спричиняє погіршення змащування поверхонь, вигорання масла і перегрів деталей двигуна.

Перегрів двигуна спричиняє:

- спад міцності деталей і навіть їх обгорання;
- пригоряння масла на стінках циліндрів;
- порушення нормальних зазорів, що призводить до підвищеного зносу, заїдання і навіть поломки;
- зниження коефіцієнта наповнення η_c , передчасного займання.

Переохолодження призводить:

- до неповного випаровування палива і погіршення сумішоутворення;
- паливо, що не випарилося, змиває масло зі стінок циліндрів, потрапляючи в картер, розріджує його, догорає протягом такту випуску;
- підвищення зносу деталей і зниження економічності двигуна.

Система охолодження призначена підтримувати температурний режим у певних межах, що забезпечують протікання робочого циклу $t_{\text{охл.ред}} = 80\text{--}90$ °С. У двигунах внутрішнього згорання застосовуються системи охолодження двох типів: повітряна, рідинна.

За способом циркуляції рідини в двигуні системи охолодження поділяються на такі:

- термосифонні;
- з примусовою циркуляцією рідини.

За способом сполучення з атмосферою рідинна система може бути:

- відкритою;
- закритою.

Відкрита система охолодження безпосередньо сполучається з навколишньою атмосферою. Поширення набула закрыта система охолодження, де внутрішній простір тільки періодично сполучається з

навколишньою атмосферою за допомогою спеціальних клапанів у пробці радіатора.

Закрита система забезпечує підвищення температури кипіння охолодної рідини до 120 °С.

Вплив теплового режиму двигуна на його роботу

Тепло не все витрачається на корисну роботу ДВЗ (рис. 6.5).

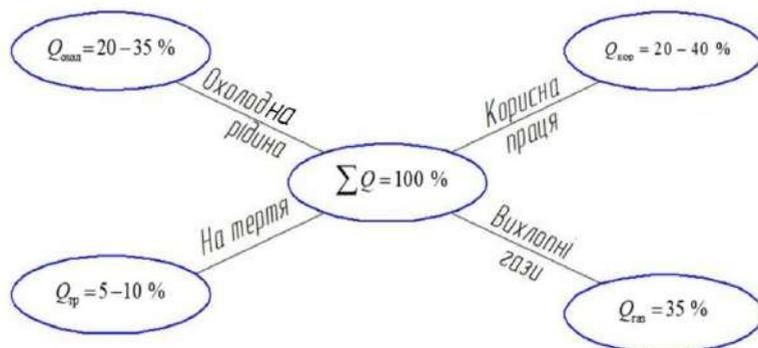


Рисунок 6.5 – Тепловий баланс ДВЗ

Ефективний ККД:

- у бензинових двигунів $\eta_e = 0,20-0,28$;
- у дизельних двигунів $\eta_e = 0,27-0,4$.

У корисну механічну роботу тепло перетворюється тільки на 20–40 %, решта тепла, що утворюється при згорянні палива в циліндрах двигуна, витрачається:

- 35 % тепла – з вихлопними газами;
- 5–10 % тепла – на тертя;
- 20–35 % тепла відводиться охолодною рідиною.

Теплопередача в циліндрі двигуна

Процес теплопередачі від газів до охолодної рідини можна зобразити так (рис. 6.6).

1. Тепловий потік від основної маси газу проходить через газову плівку (примежовий шар газу), розташовану біля стінки циліндра.
2. Пройшовши газову плівку, потік тепла долає масляну плівку.
3. Від плівки масла тепло передається стінці циліндра.
4. Від стінки циліндра тепло через тонку плівку (примежовий шар рідини) передається основному потоку циркулюючого охолоджувача.

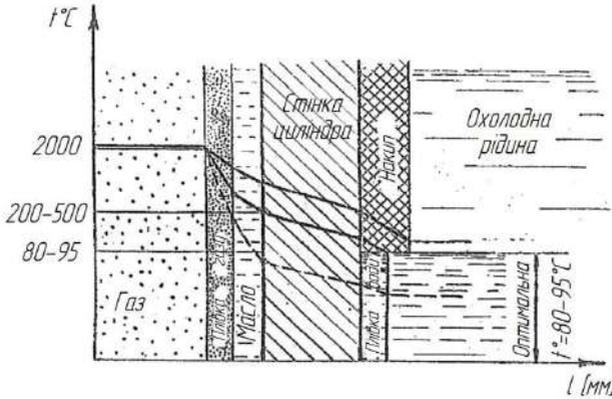


Рисунок 6.6 – Зміна температури в циліндрі двигуна

Як видно з рисунка, температура газу в камері згоряння приблизно постійна. Це обумовлено хаотичним рухом частинок при горінні. У примежовому шарі, що характеризується впорядкованим рухом частинок, процес передачі тепла змінюється. Через низьку теплопровідність газу у стінки відбувається різкий (на 1500–2000 °С) спад температури. У тонкій масляній плівці та стінці циліндра температура знижується незначно.

На стінці циліндра з боку рідини також є примежовий шар, але оскільки теплопровідність рідини значно вища, ніж у газу, то спад температури в цьому шарі становить величину порядку 5–10 °С. З огляду на ці особливості, встановлюють такий температурний режим у системі циліндра, при якому рідина має температуру 80–95 °С. При такій

температурі рідини температура стінки циліндра двигуна з боку газу становить 200–250 °С.

У таких умовах на дзеркалі циліндра двигуна зберігається тонка, завтошки всього декілька мікрон, плівка масла.

Плівка забезпечує надійне змащення і малі втрати на тертя при русі поршня в циліндрі двигуна.

Більш низька температура охолодної рідини при експлуатації непрогрітого двигуна призводить до зниження температури дзеркала циліндра (див. рис. 6.6 пунктирна крива). Тому масло на стінці циліндра робиться більш в'язким, конденсуються пари палива і змивають плівку масла. В результаті збільшуються втрати на тертя і знос двигунів поршневої групи. Можливі навіть задирки дзеркала циліндра. Шкідливо також експлуатувати двигун при температурі охолодної рідини вище рекомендованої. У цьому випадку температура дзеркала циліндра підвищується (верхня крива рис. 6.6). Плівка масла перетворюється в шар нагару, різко зростають втрати на тертя і знос деталей, спад міцності деталей, а також самозаймання або детонація палива, що згоряє.

До таких самих наслідків призводить і шар відкладених на стінці циліндра нерозчинних солей кальцію (накип). Маючи більш низьку теплопровідність, ніж матеріал циліндра, накип різко знижує теплопередачу в охолодну рідину. Температура дзеркала циліндра підвищується, зважаючи на те, що охолодна рідина має оптимальну температуру, рівну 80–95 °С.

Будова і робота системи охолодження (рис. 6.7)

До складу закритої, примусової системи рідинного охолодження входять такі елементи: сорочка охолодження блока і головки циліндра, водяний насос, вентилятор, радіатор, термостат, жалюзі, пробка радіатора, крани зливні.

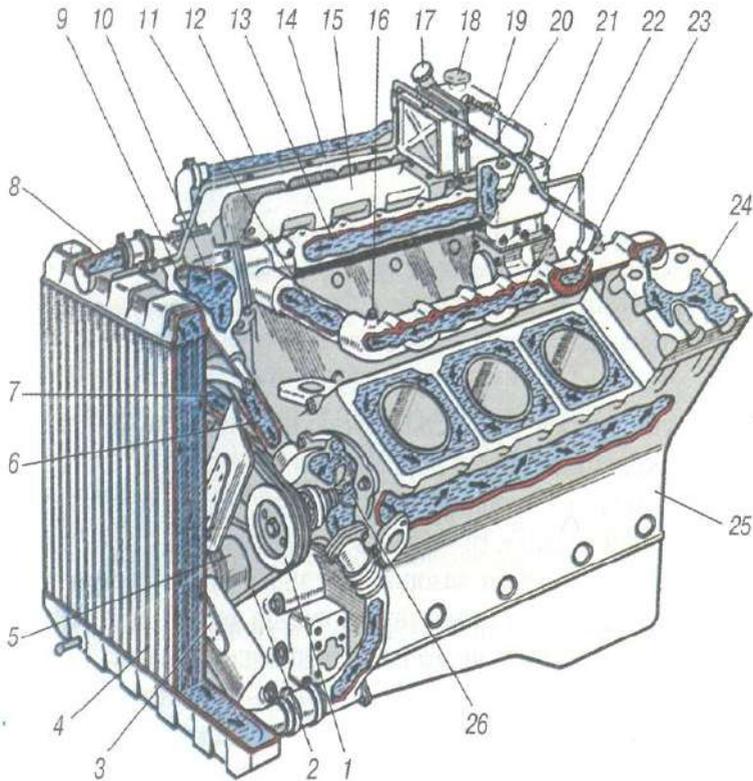


Рисунок 6.7 – Схема системи охолодження двигуна КамАЗ-740:

- 1* – шків рідинного насоса; *2* – пас приводу насоса і генератор;
- 3* – вентилятор; *4* – радіатор; *5* – шків вентилятора; *6* – перепускний патрубок;
- 7* – нагнітальний патрубок; *8* – верхній патрубок;
- 9* – термостат; *10* – водорозподільна коробка; *11* – сполучна трубка;
- 12* – підводна трубка; *13* – трубка права; *14* – відвідна трубка радіатора;
- 15* – впускний трубопровід; *16* – датчик контрольної лампи перегріву двигуна;
- 17* – заливна горловина; *18* – пробка з пароповітряним клапаном;
- 19* – розширювальний бачок; *20* – відвідна трубка; *21* – компресор; *22* – ліва відвідна трубка; *23* – трубка ліва; *24* – головка циліндра; *25* – блок циліндрів;
- 26* – відцентровий насос

Сорочка охолодження є складовою частиною блока і головки, тобто простір між стінками блока та мокрими гільзами циліндрів. Сорочка охолодження з'єднується з радіатором патрубками і з'єднувальним шлангами.

Рідинний насос – служить для створення примусової циркуляції рідини в системі.

На двигунах застосовуються насоси відцентрового типу (рис. 6.8–6.9). Конструктивно він з'єднаний з вентилятором і має спільний привід.

Насос складається: з корпусу; валіка; маточини шківу приводу; шківу приводу; сальника самоущільнюючого.

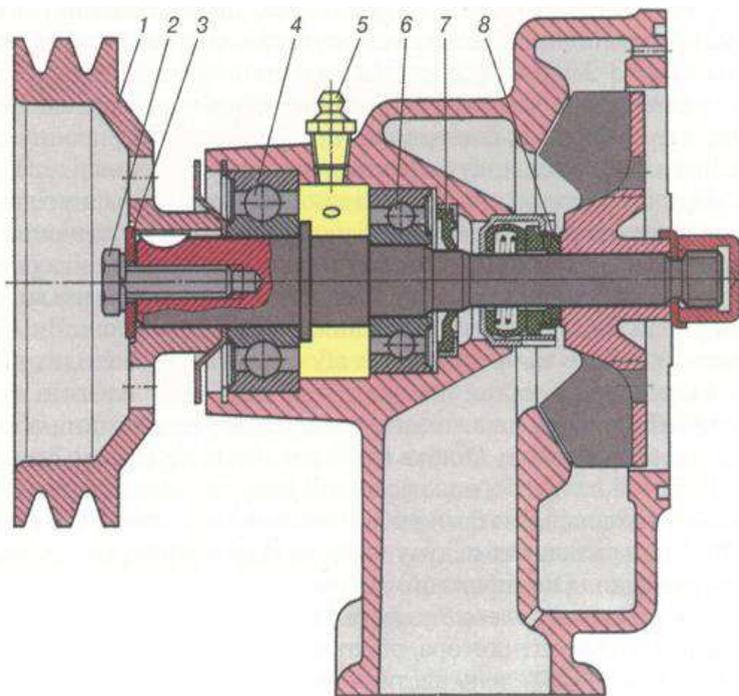


Рисунок 6.8 – Рідинний насос двигуна КамАЗ-740:

1 – шків; 2 – болт; 3 – шайба; 4, 6 – підшипник; 5 – прес-маслянка;
7 – манжета; 8 – сальник

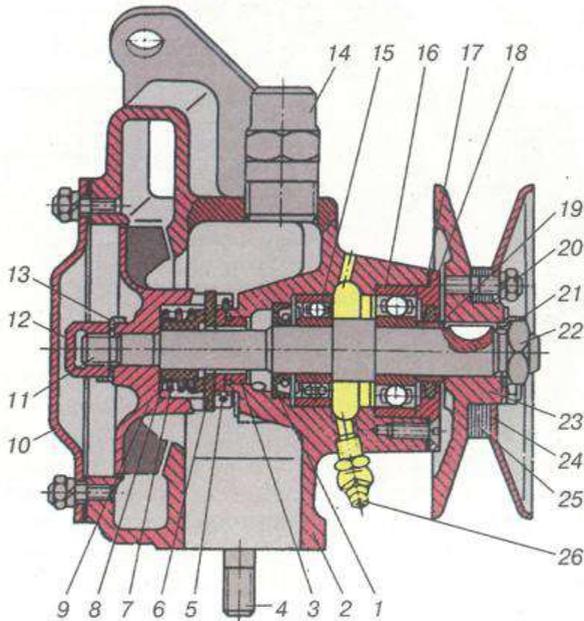


Рисунок 6.9 – Рідинний насос двигуна ЯМЗ-238:

- 1 – сальник; 2 – корпус насоса; 3 – втулка; 4 – шпилька кріплення підвідного патрубка; 5 – стопорне кільце сальника; 6 – упорне кільце сальника; 7 – пружина сальника; 8 – манжети сальника; 9 – крильчатка; 10 – кришка; 11 – вал; 12 – гайка; 13 – стопорна шайба; 14 – перепускний ніпель трубки рідинних термостатів; 15–16 – кулькові підшипники; 17 – прокладки; 18 – корпус сальника; 19 – втулка сальника; 20 – гайка кріплення боковини шківів; 21 – замкова шайба; 22 – гайка; 23 – основа шківів; 24 – боковина шківів; 25 – регульовальні прокладки; 26 – прес-маслянка

Корпус насоса складається з 2-х частин: перша частина – корпус, вилита з алюмінієвого сплаву та являє собою одне ціле з кришкою розподільних шестерень, друга частина – кришка, в якій змонтовано насос, вилита з сірого чавуну і прикріплена до корпусу на шпильках.

Між обома частинами стоїть прокладка. На кришці знизу є контрольний отвір для виходу охолодної рідини на випадок несправності сальника. *Заглушати цей отвір категорично забороняється.* Зверху на кришці також є контрольний отвір для виходу свіжого масла, яке запресовується через прес-маслянку для змащування підшипників.

Валик насоса обертається в двох кулькових підшипниках. Зовнішній більш навантажений підшипник більший, а внутрішній, менш навантажений, – менше. На обох кінцях валика зроблені лиски. На передній кінець напресовано сталеву маточину шківів водяного насоса і вентилятора, а на задній – пластмасову крильчатку з лопатями і сталеву маточину.

Привід насоса реалізується клиноподібним пасом від шківів колінчастого валу. Робоча частина насоса ущільнюється самопідтяжним сальником.

Сальник складається з гумової манжети, шайби текстолітової, пружини, двох обойм.

Сальник обертається разом із крильчаткою.

Вентилятор – служить для створення тяги повітря через сердцевину радіатора. Вентилятори бувають двох типів:

- штампувальні з листової сталі, лопаті прикріплені до маточини;
- лопаті вилиті з легких сплавів як одне ціле з маточиною.

Число лопатей 3 – 4. Привід – пасова передача.

Радіатор служить для охолодження нагрітої в блоці циліндрів рідини і складається: з верхнього бачка; з нижнього бачка; набору вертикальних трубок; охолоджуючих пластин; пробки радіатора; контрольної паровідвідної трубки; краника.

Верхній і нижній бачки з'єднані між собою впаяними в них трубками, що утворюють сердцевину радіатора, а також бічними стояками, що утворюють рамку. Між трубками впаяні латунні стрічки, які збільшують поверхню охолодження.

З внутрішньої сторони до рамки радіатора прикріплений кожух, в якому обертається вентилятор. Кожух забезпечує напрямок потоку повітря, що проходить через сердцевину радіатора.

Бачки радіатора мають патрубки, які гнучкими шлангами з'єднують радіатор із системами охолодження. Верхній бачок має наливну горловину. Нижній бачок має краник зливний.

Термостат служить для прискорення прогрівання холодного двигуна й оберігає його від переохолодження під час руху автомобіля. Термостат одноклапанний, розміщений у випускному патрубку. Термостати застосовуються з рідинним і твердим наповнювачем.

Наповнювачі:

– *рідинний* – складається з легковипаровуваної рідини (суміш: 70 % етилового спирту і 30 % води);

– *твердий* – використовують віск із мідною стружкою, що володіє великим коефіцієнтом об'ємного розширення.

Термостат складається з клапана, балона, корпусу.

Клапан термостата діє автоматично залежно від зміни довжини балона, всередині якого міститься легковипаровувана рідина. Нижній кінець балона нерухомо закріплений на кронштейні корпусу термостата. У верхній частині балона є шток, до якого припаяний клапан. При підвищенні температури охолодної рідини тиск всередині балона збільшується і балон подовжується. Клапан, піднімаючись, відкриває доступ охолодної рідини через випускний патрубок у радіатор.

Клапан починає відкриватися при температурі охолодної рідини 78 °С, а повне його відкриття відбувається при температурі 91 °С. Для видалення повітря з водяної сорочки двигуна при заправленні рідиною системи охолодження, а також для часткової циркуляції рідини через радіатор у клапані термостата є невеликий круглий отвір або видавлена борозенка. Необхідно стежити за чистотою отвору. Так, якщо він виявиться забитим накипом, то повністю заправити систему охолодження рідиною не вдасться.

Жалюзі служать для ручного регулювання ступеня охолодження радіатора. Вони складаються з 16 сталевих оцинкованих пластин-стулок, які розташовані горизонтально і шарнірно в каркасі. Керуються стулки жалюзі за допомогою рукоятки на знімній підлозі кабіни автомобіля. При висуванні рукоятки стулки відкриті. При висуванні рукоятки вгору стулки закриваються. Рукоятка за допомогою фіксатора може зупинитися

в 9-ти положеннях залежно від температури навколишнього повітря і режиму роботи двигуна. При пуску жалюзі потрібно закривати.

Пробка радіатора має два клапани: паровий і повітряний. Паровий клапан запобігає від руйнуванню радіатора при перегріванні. Він відкривається при надлишковому тиску 0,45–0,55 кгс/см². Рідина в радіаторі при такому тиску закипає при температурі близько 109 °С, цим самим забезпечується робота системи охолодження без кипіння на підвищеному тепловому режимі.

Повітряний клапан відрегульований на розрядження в системі 0,01–0,1 кгс/см² з метою запобігання сплюсцуванню атмосферним тиском трубки і бачків радіатора під час охолодження рідини в системі охолодження. Нормальна робота клапанів залежить перш за все від справності прокладок. Тому за збереженням і станом їх потрібно стежити.

Зливний кран – бронзовий, корковий. Рідину з системи охолодження зливають одночасно через чотири крани:

- кран на нижньому бачку радіатора;
- кран, встановлений на котлі пускового підігрівача;
- кран на правому боці блоку циліндрів двигуна;
- кран на шлангу обігріву кабіни.

Оскільки система герметична, повністю звільнити її від рідини можна лише при знятій пробці радіатора.

Отвори кранів слід при зливі рідини прочищати дротом.

Контроль температури охолодної рідини

Для контролю за температурою охолодної рідини в системі охолодження на випускному трубопроводі встановлено датчик температури, який з'єднаний з термометром, що знаходяться на щитку приладів. Крім цього, у верхньому бачку радіатора розташовано датчик контрольної лампи аварійної температури. При підвищенні температури охолодної рідини до 104–109 °С на щитку приладів спалахує контрольна лампа «Вода» з червоним світлофільтром. При цьому необхідно відкрити жалюзі, а якщо вони вже відкриті, негайно зупинити автомобіль і усунути

причину перегріву (долити води, збільшити натяг паса приводу вентилятора та ін.).

Робота системи охолодження

Водяний насос нагнітає рідину через отвори у водяну сорочку правого і лівого рядів циліндрів. Звідти вона надходить у водяні сорочки головок блока через отвір у прокладці циліндрів. З лівої головки блока рідина через два отвори, наявні в передній і задній її частинах, та далі через лівий поздовжній і центральний канали водяної сорочки впускної труби направляється до правого поздовжнього каналу й випускного патрубка.

З правої головки блока через правий поздовжній канал водяної сорочки впускної труби охолодна рідина надходить у випускний патрубок. З випускного патрубка рідина при закритому термостаті направляється у верхній бачок радіатора (*прогрітий двигун*) або при закритому термостаті через перепускний шланг у всмоктувальну порожнину водяного насоса (*непрогрітий двигун*).

Пусковий підігрівач служить для розігріву двигуна перед пуском у холодну пору року. Пусковий підігрівач двигуна включає:

- котел;
- бензиновий бачок;
- електричний вентилятор;
- свічку розжарювання;
- електромагнітний клапан;
- пульт керування пусковим підігрівачом;
- трубопроводи.

Котел встановлюється з лівого боку двигуна і постійно увікнений у систему охолодження. Керування роботою підігрівача здійснюється від пульта керування, який розміщений на панелі знімної підлоги ззаду двигуна. На пульті керування розміщені вмикач свічки, контрольна спіраль, кнопковий запобіжник, перемикачі електромагнітного клапана й електродвигуна вентилятора.

Перемикач для роботи може перебувати в трьох положеннях:

- 0 – все виключено;

- 1 – увімкнено електродвигун вентилятора;
- 2 – увімкнено електродвигун вентилятора й електромагнітний клапан.

Заходи безпеки при користуванні

Заходи безпеки при користуванні

1. Під час роботи підігрівача водій не повинен відходити від автомобіля.
2. У разі появи диму та полум'я на випуску слід вимкнути підігрівач і усунути несправність.
3. Не дозволяється користуватися в закритих приміщеннях.
4. Проводити повторний пуск підігрівача дозволяється тільки після продуванням газоходів протягом 1–2 хвилин.

Охолодні рідини

Як охолодної рідина в двигуні застосовується вода і спеціальні сорти незамерзаючої рідини.

Вимоги до рідини:

- рідина повинна мати велику теплоємність;
- гарну теплопровідність;
- невелику в'язкість;
- не повинна корозіювати метали і руйнувати гумові шланги;
- не залишати відкладів у системі;
- температура замерзання має бути нижче температури експлуатації двигуна.

Вода має велику теплоємність, добре прокачується, але має такі недоліки:

- температура кипіння до номінального теплового режиму двигуна;
- википає при зниженні атмосферного тиску (на висоті 4000 м $t_{\text{кип}} = 87 \text{ }^\circ\text{C}$);
- збільшується об'єм при замерзанні (це приводить до розморожування чавунних блоків і головок двигунів і радіаторів. Лід збільшується у об'ємі на 10 % та надає при цьому тиск на стінки системи порядку $G = 250 \text{ МПа}$);

- накип і шлам знижують відведення тепла від стінок двигуна на 10–40 %;
- необхідно застосовувати м'яку воду.

Низькозамерзаюча охолодна рідина

Стандартна низькозамерзаюча охолоджуюча рідина (антифриз) є сумішшю двохатомного спирту – етиленгліколю і води. Технічний етиленгліколь являє собою масляну жовтувату рідину з температурою кипіння 197 °С і температурою замерзання мінус 12 °С. При змішуванні етиленгліколю з водою спочатку спостерігається зниження температури замерзання суміші, яка досягає мінімуму при мінус 70–75 °С і при утриманні 33 % води.

Низькозамерзаюча рідина марки «40», містить 52–55 % етиленгліколю, температура замерзання не вище мінус 40 °С. Для північних районів готують суміш марки «65» з температурою замерзання не вище мінус 65 °С, в якій міститься 64–67 % етиленгліколю. Крім розглянутих низькозамерзаючих охолодних рідин випускаються: Тосол А; Тосол А-40; Тосол А-65. Тосол А-40 має зелене забарвлення. Ці рідини мають великий коефіцієнт об'ємного розширення, тому їх у систему заливають на 6–8 % менше, ніж номінальна ємність системи охолодження (нижче 60–70 мм від верхньої кромки патрубку радіатора).

Заходи безпеки

Етиленгліколь – сильна харчової отрута, рідини марок «40» і «65» також отруйні. При потрапленні всередину організму відбувається отруєння, яке може закінчитися смертельним результатом.

Забораються:

- засмоктувати рідину ротом;
- приймати їжу доти, доки руки, забруднені отруйними рідинами, не будуть ретельно вимиті з милом.

При потрапленні на шкіру – промити гарячою водою з милом.

Догляд, несправності систем охолодження і способи їх усунення

При технічному обслуговуванні системи охолодження перевіряється заправлення її рідиною, рівень рідини, чи немає її течі, перевіряється і

регулюється натяг паса вентилятора, перевіряється кріплення радіатора, його пробка, жалюзі, вентилятор, водяний насос, робота термостата і пароповітряного клапана пробки радіатора, періодично видаляється з системи накип і шлам (табл. 6.1).

При контрольному огляді (КО) перевіряється рівень рідини в системі, щільність з'єднання, чи немає течі рідини, кріплення пробки радіатора.

При щоденному технічному обслуговуванні (ЩТО), крім КО, перевіряється натяг паса вентилятора, а в зимовий період експлуатації паса зливається вода з системи, якщо стоянка автомобіля в неутепленому гаражі. Злив води проводиться на гарячому двигуні. Для зливу води відкриваються всі зливні краники і пробки радіатора. Після спуску води зливні краники залишають відкритими.

При технічному обслуговуванні № 1 (ТО № 1), крім ЩТО, перевіряється кріплення лопастей і кронштейна вентилятора, водяного насоса, радіатора та його облицювання, кріплення і робота жалюзей. Наповнити маслом порожнину підшипників водяного насоса.

При технічному обслуговуванні № 2 (ТО № 2) – додатково до перерахованих робіт перевіряється робота термостата і пароповітряного клапана пробки радіатора.

При сезонному обслуговуванні (СО) зливається з системи або заливається в систему низькозамерзаюча рідина з попереднім промиванням системи від осаду і накипу, а також відключається або підключається до системи пусковий підігрівач двигуна й обігрівач кабіни автомобіля.

Промивання системи охолодження. Для промивання застосовується розчин хромпіку (4–8 г на 1 л води). Розчин заливають у систему, і двигун працює на ньому місяць. Потім розчин зливають, і систему промивають гарячою водою.

Несправності системи охолодження та способи їх усунення

Несправності системи охолодження можуть спричинити перегрів або переохолодження двигуна, підтікання охолодної рідини.

Таблиця 6.1 – Відмови, несправності системи охолодження і способи їх усунення

Причини несправності	Методи усунення
Перегрів двигуна	
1. Недостатня кількість рідини в системі	1. Долити до рівня
2. Пробуксовка паса приводу вентилятора через слабкий його натяг або потрапляння на них масла	2. Натягнути пас і видалити масло з паса вентилятора
3. Несправний термостат	3. Замінити
4. Відкладання накипу	4. Промити розчином хромпику
5. Несправність систем живлення та запалювання	5. Відрегулювати системи живлення та запалювання
Переохолодження двигуна	
1. Несправний термостат	1. Замінити
2. Заїдання шторки (жалюзі у відкритому положенні)	2. Усунути заїдання і змастити ЦІАПіМ-201
3. Переохолоджувальні заходи	3. Прикрити шторку, надіти утеплювальний чохол
Підтікання охолодної рідини	
1. Знос сальника водяного насоса: теча виявляється за підтіканням рідини через контрольний отвір у корпусі насоса	1. Замінити сальник при знятому водяному насосі
2. Пошкодження радіатора	2. Усувається при його ремонті
3. Ослабли хомути з'єднання патрубків	3. Підтягнути хомут з'єднання
4. Погано притерто зливні краники	4. Зняти краники і притерти за допомогою пасти до появи матової смужки на всій робочій поверхні пробки

Система запалювання

Система запалювання призначена для примусового займання робочої суміші в камері згоряння бензинових двигунів точно в заданий момент.

Класифікація. За способом синхронізації іскроутворення – *контактні і безконтактні*; за способом накопичення енергії – *індуктивні і ємнісні*; за способом розриву первинного кола – *з механічним розривом і транзисторні*; за способом розподілу імпульсів високої напруги – *з механічним та електронним розподілом*; за способом регулювання кута випередження запалювання – *з механічним автоматом і електронним регулюванням*.

На рис. 6.10 представлена класична схема системи запалювання.

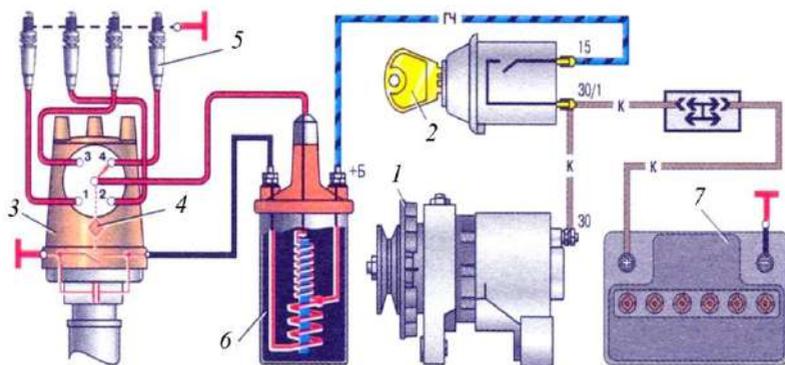


Рисунок 6.10 – Схема батарейного запалювання:

- 1 – генератор; 2 – вимикач запалювання; 3 – розподільник запалювання;
 4 – кулачок переривника; 5 – свічки запалювання; 6 – котушка запалювання;
 7 – акумуляторна батарея

Система пуску

Для запуску ДВЗ використовується система електростартерного пуску. Складові елементи системи наведено на рис. 6.11. Задачою системи є обертання колінчастого валу при пуску ДВЗ до пускової частоти за допомогою стартера. В стартерах використовують електродвигуни постійного струму.

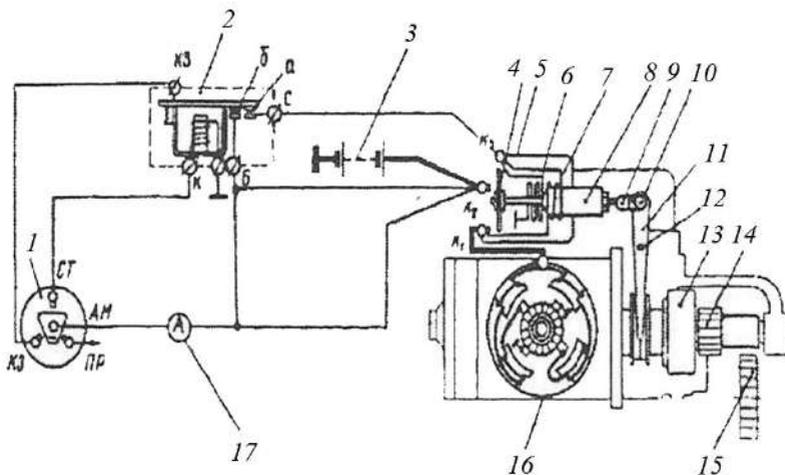


Рисунок 6.11 – Принципова схема електричних з'єднань стартера:

К₁, К₂, К₃ – затискачі тягового реле; Б, К, К₃ і С – затискачі додаткового реле, а і б – контакти; 1 – вимикач запалювання; 2 – додаткове реле вмикання стартера; 3 – акумуляторна батарея; 4 – контактний диск; 5 – тягове реле; 6 і 7 – утримувальна та втягувальна обмотки; 8 – яркір; 9 – сережка; 10 – палець; 11 – важіль; 12 – вісь; 13 – муфта вільного ходу; 14 – шестерня; 15 – зубчастий вінець маховика; 16 – стартер; 17 – амперметр

Контрольні запитання

1. Призначення і класифікація систем живлення двигуна.
2. Структура системи живлення.
3. Підсистема випуску відпрацьованих газів.
4. Призначення і будова системи змащування двигуна.
5. Призначення і будова системи охолодження.
6. Призначення і будова системи запалювання.
7. Призначення і будова системи пуску двигуна.
8. Призначення пускового підігрівача.
9. Вплив теплового режиму двигуна на його роботу (тепловий баланс, теплопередача в циліндрі).
10. Будова та робота пускового підігрівача.

11. Будова й обслуговування водяного насоса.
12. Будова та робота термостата і пробки радіатора.
13. Будова пускового підігрівача та заходи безпеки при його користуванні.
14. Охолодні рідини і заходи безпеки при користуванні ними.
15. Технічне обслуговування системи охолодження.
16. Несправність системи охолодження та способи її усунення.
17. Як забезпечується підвищення напруги в системі запалювання?
18. Складові частини системи запалювання.
19. Які елементи схеми системи запалювання входять до кола низької напруги?
20. Які елементи схеми системи запалювання входять до кола високої напруги?
21. Джерелла електричної енергії автомобіля для живлення системи запалювання.
22. Призначення системи запалювання.
23. На яких ДВЗ використовується система запалювання?
24. Що входить до складу системи пуску?
25. Як вмикається електродвигун стартера?
26. Які електродвигуни використовуються в конструкції стартера?
27. З чим з'єднується шестірня стартера при пуску ДВЗ?

Лабораторна робота 7

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗМАЩЕННЯ ДВЗ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію та роботу сучасних систем змащення, що використовуються на різних двигунах внутрішнього згоряння автомобілів і тракторів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції двигунів автомобілів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій сучасних двигунів;
- двигун у розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- визначити та класифікувати сучасні системи змащення бензинового і дизельного двигунів;
- вивчити складові частини сучасних систем змащення двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), виділити складові механізми та пристрої. Визначити їх призначення;
- подати в звіті структуру кожної системи змащення ДВЗ відповідно до завдання.

Система змащення

Система змащення призначена для зниження тертя між сполученими деталями двигуна. Крім виконання основної функції система змащення забезпечує:

- охолодження деталей двигуна;
- видалення продуктів нагару і зносу;
- захист деталей двигуна від корозії.

Система змащення двигуна має таку будову (7.1):

- піддон картера двигуна з маслоприймачем;
- масляний насос;
- масляний фільтр;
- масляний радіатор;
- датчик тиску масла;
- редукційний клапан;
- масляна магістраль і канали.

При роботі двигуна масляний шестеренний насос, вал якого приводиться шестрнею на колінчастому валу, подає масло в основну магістраль через послідовно увімкнуний масляний фільтр. Очищене у фільтрі масло надходить у центральний масляний канал, а звідти по системі отворів у блоці циліндрів – до корінних підшипників колінчастого і розподільного валів і до зовнішніх споживачів (гідромумфи вентилятора, ПНВТ, компресора). Тиск масла при номінальних обертах має бути в межах 0,4–0,55 МПа, але не менше 0,1 МПа.

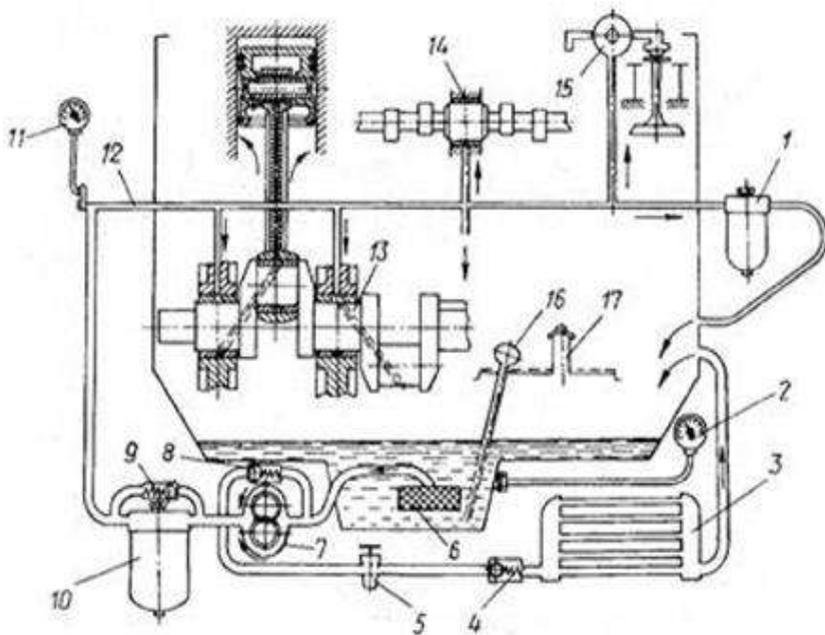


Рисунок 7.1 – Загальна схема системи змащення двигуна:

1, 10 – фільтри; 2 – термометр; 3 – радіатор; 4, 8, 9 – відповідно запобіжний, редуційний і перепускний клапани; 5 – кран; 6 – маслоприймач; 7 – насос; 11 – манометр; 12 – головна магістраль; 13 – корінний підшипник; 14 – підшипник розподільного вала; 15 – вісь коромисла; 16 – масломірний стрижень; 17 – заливна горловина маслоприймача 6, фільтрів 1 і 10, головної магістралі 12, редуційного 8, перепускного 9 і запобіжного 4 клапанів

Принцип дії системи змащення

У сучасних двигунах застосовується *комбінована система змащення*, в якій частина деталей змащується під тиском, а інша частина - розбризкуванням або самопливом.

Змащення двигуна здійснюється циклічно. При роботі двигуна масляний насос закачує масло в систему. Під тиском масло подається в масляний фільтр, де очищається від механічних домішок. Потім по каналах масло надходить до корінних і шатунних шийок (підшипників) колінчастого вала, опор розподільного вала, верхньої опори шатуна для змащення поршневого пальця. На робочу поверхню циліндра масло подається через отвори в нижній опорі шатуна або за допомогою спеціальних форсунок.

Решта частини двигуна змащуються розбризкуванням. Масло, яке впливає через зазори в з'єднаннях, розбризкується рухомими частинами кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів. При цьому утворюється масляний туман, який осідає на інші деталі двигуна та змащує їх. Під дією сил тяжіння масло стікає в піддон і цикл змащення повторюється.

У деяких двигунах спеціального призначення використовується система змащення зі сухим картером, до складу якої входять усі деталі та вузли системи з мокрим картером і яка працює за тим самим принципом. Основна відмінність полягає в способі циркуляції масла. В системі змащення із сухим картером масло збирається в нижній частині двигуна, в маслоприймачі.

Через відкачувальний насос воно надходить у масляний бак, а потім звичайний масляний насос забезпечує циркуляцію масла через масляний фільтр по двигуну. У двигуні з такою системою змащення відсутній піддон картера, тому такий двигун можна розташувати нижче. Масляний бак можна встановити в будь-якому місці, де він буде найкраще охолоджуватися.

Заправна ємність системи змащення з сухим картером більша, ніж ємність системи змащення із мокрим картером (див. рис. 7.2).

Система змащення з
"мокрим" картером

Система змащення з
"сухим" картером

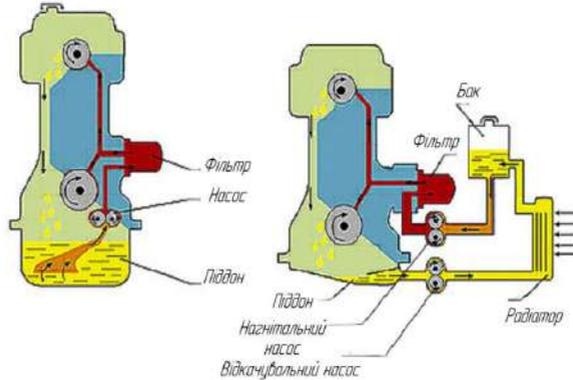


Рисунок 7.2 – Система змащення з мокрим та сухим картером

Сучасна система змащення на прикладі дизельного двигуна від VW

На прикладі дизельного двигуна об'ємом 2,5 л від VW можна побачити, наскільки складнішою стала схема роботи системи змащення (рис. 7.3) сучасного двигуна.

Особливості конструкції

- Двоступеневий масляний насос шестеренчастого типу з внутрішнім зачепленням. Встановлюється в піддоні картера.
- Клапан регулювання тиску масла. За допомогою електромагнітного клапана *ECU (Engine Control Module)* направляє масло в різні канали, перемикаючи тим самим режими роботи масляного насоса. При регулюванні продуктивності враховується навантаження на двигун, температура охолодної рідини, оберти колінчастого вала і сигнали з автоматичної коробки передач. При подачі керуючого сигналу клапан відкривається, пропускаючи масло в канали першого ступеня (тиск у системі близько $1,8 \text{ кг/см}^2$). За відсутності керуючої «маси» поворотна пружина повертає клапан у початкове положення, змінює напрямок протікання масла, піднімаючи тиск у системі до $3,3\text{--}4 \text{ кг/см}^2$.

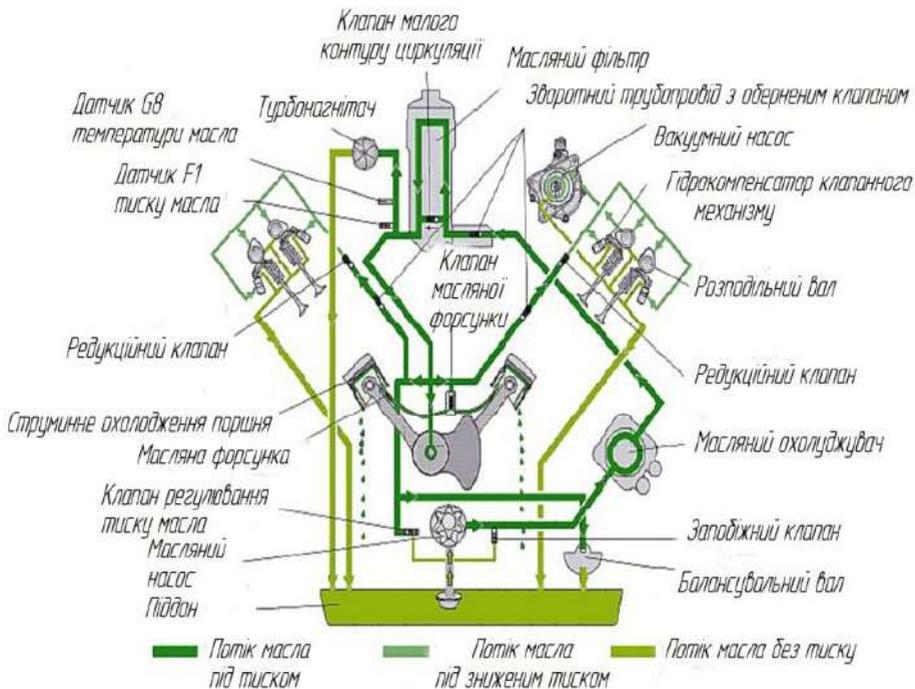


Рисунок 7.3 – Система змащення дизельного двигуна від VW

Зміна продуктивності дозволяє знизити механічні втрати, що витрачаються на змащування й охолодження тертьових пар двигуна. Таке рішення підвищує загальний ККД двигуна, зменшуючи кількість шкідливих викидів.

Привід масляного насоса

1. Від розподільного вала через пару шестерень:

а) ведуча шестірня приводу закріплена на валу розподільника-переривника;

б) ведуча шестірня встановлена у втулці блока циліндрів, розподільник запалювання і масляний насос з'єднуються з шестірнею шлицями.

2. На деяких двигунах насоси приводяться в дію окремим ланцюгом (BMW, MAZDA).

Масляні насоси

Масляний насос – це пристрій необхідний для того, щоб створювати в системі змащення ДВЗ оптимальний тиск для постійної циркуляції масла (рис. 7.4, 7.5).

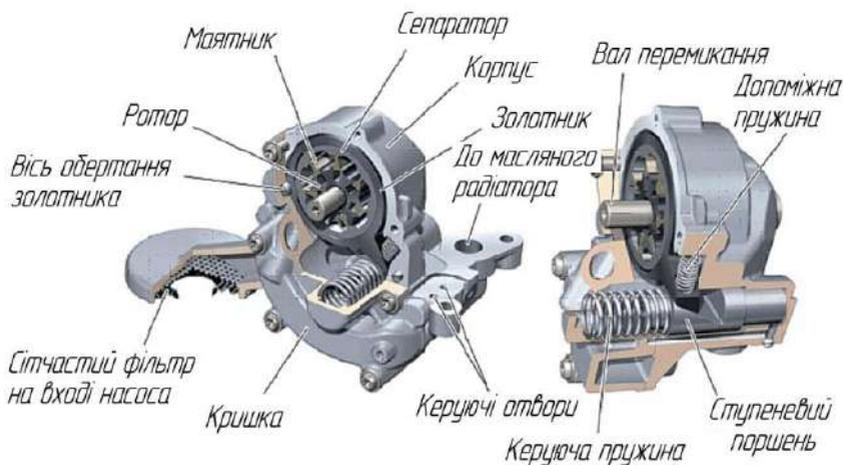


Рисунок 7.4 – Насос системи змащування з маслоприймачем

Конструкція масляного насоса із шестернями

Такі насоси відзначаються простотою. Вони складаються з невеликої кількості деталей, серед яких:

- ведена і ведуча шестерні;
- привід;
- всмоктувальні і нагнітальні канали.

У корпусі пристрою змонтовані шестерні передають масло з всмоктувального на нагнітальний канал, звідки воно поширюється по системі. Продуктивність такого устаткування повністю залежить від частоти роботи двигуна. Якщо тиск стає надмірним, для його зменшення необхідно скинути в картер із системи масло. Здійснюється ця операція автоматично із застосуванням редукційного клапана, що реагує на

підвищення тиску. Слід зазначити, що вручну такий масляний насос двигуна регулювати неможливо.

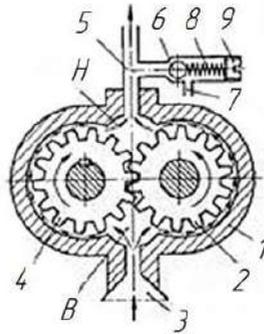


Рисунок 7.5 – Схема роботи насоса:

- 1 – корпус; 2, 4 – відповідно ведуча і ведена шестерні; 3 – сітчастий фільтр;
- 5 – канал нагнітання; 6, 8, 9 – відповідно запірна кулька, пружина і регулювальний гвинт запобіжного клапана; 7 – отвір для перепуску масла;
- Н, В – відповідно нагнітальна і всмоктувальна порожнини

Працюють ці насоси таким чином. При обертанні шестерень, одна з яких ведуча, а інша – ведена, масло переміщається проміжками між зубами шестерень і корпусом насоса. Дедалі частіше в системах змащення застосовують шестеренні насоси не з внутрішнім зачепленням, виконані за схемою рис. 7.6, а з зовнішнім. Розміщення такого насоса на двигуні показано на рис. 7.1, а особливості його деталей на рис. 7.7 і 7.8.

Конструкція роторного насоса.

Ведучий валік насоса невеликої довжини і діаметра. З одного боку встановлена зірочка або шків приводу, а з іншого боку виконується ведучий ротор, який має 4 виступи (зуби), що входять при обертанні по черзі в п'ять заглиблень веденого ротора. Ведений ротор обертається ексцентрично щодо ведучого ротора. Вхід і вихід масла здійснюється через отвори в корпусі насоса. Профіль виступів роторів забезпечує ущільнення порожнин внаслідок малих зазорів між виступами і западинами, а також торцями шестерень і корпусу.

У системах змащення застосовують шестеренні насоси з зовнішнім зачепленням шестерень рис. 7.6. Вони можуть бути односекційними

(одна пара шестерень) рис. 7.6, а, а також двосекційними - рис. 7.6, б, в і дуже рідко трисекційними (двигун автомобіля ТАТРА-815).

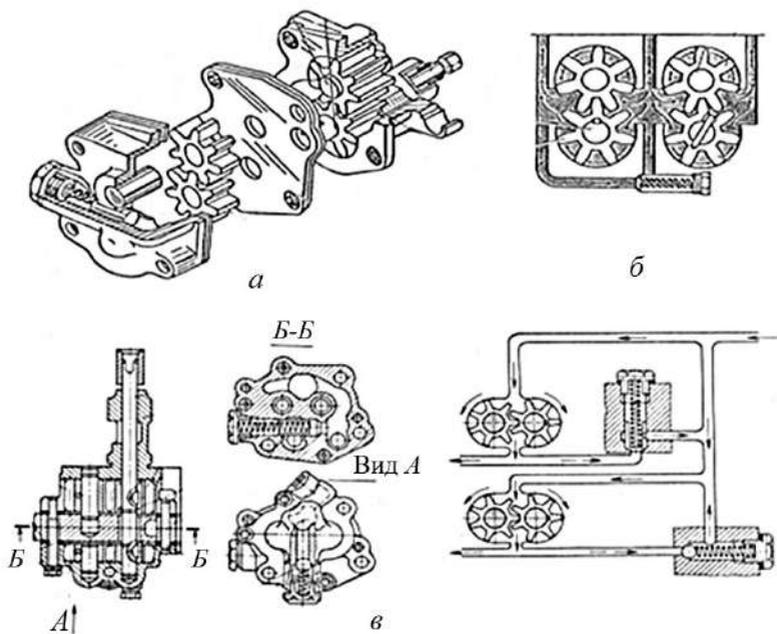


Рисунок 7.6 – Масляні насоси з шестернями зовнішнього зачеплення:
а – односекційний; б, в – двосекційні

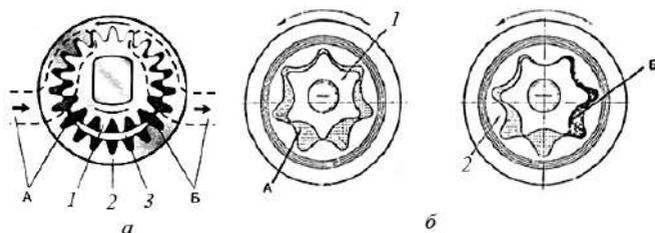


Рисунок 7.7 – Схеми масляних насосів з шестернями внутрішнього зачеплення:
а – евольвентне зачеплення; б – героторне зачеплення;
1 – ведуча шестерня, 2 – ведена шестірна, 3 – перемичка,
А – порожнина всмоктування, Б – порожнина нагнітання

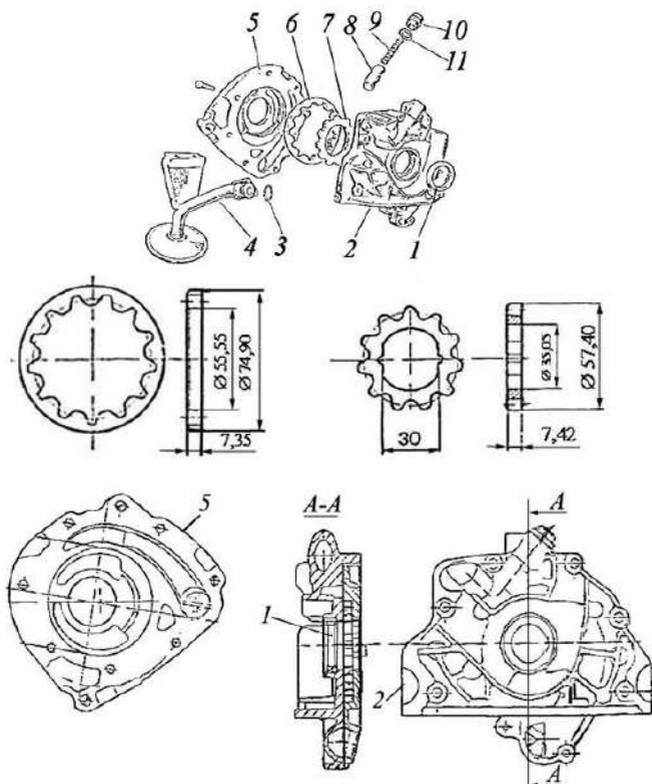


Рисунок 7.8 – Конструкція масляного насоса з внутрішнім зачепленням шестерень: 1 – кільце; 2, 5 – кришка; 3 – кільце; 4 – заборник; 6 – ведена шестірня; 7 – ведуча шестірня; 8 – золотник клапана; 9 – пружина; 10 – упор; 11 – шайба

Основними робочими деталями насоса (див. рис. 7.8) є ведуча 7 і ведена 6 шестерні. Шестерні розміщені в корпусі 5, що має виступаючу перемичку, яка розділяє шестерні. У корпусі є канали для переміщення масла. Із зовнішнього боку насос закритий кришкою 2, в якій розташований редукційний клапан.

У двигуна з «мокрим» картером масло розташовується в піддоні. Піддони можуть бути сталевими штампованими або литими з алюмінієвих сплавів із ребрами жорсткості і підсилювачами (рис. 7.9).

Іноді литі піддони мають ребра для охолодження та підвищення жорсткості. Штамповані піддони стійкіші від механічних пошкоджень. Поєднанням переваг литого і штампованого володіє збірний піддон (див. рис. 7.9, в). Забір масла з піддона забезпечується маслоприймачем. Існують два види маслоприймачів – плаваючий і фіксований (нерухомий). У переважній більшості систем змащення використовують нерухомі маслоприймачі рис. 7.10.

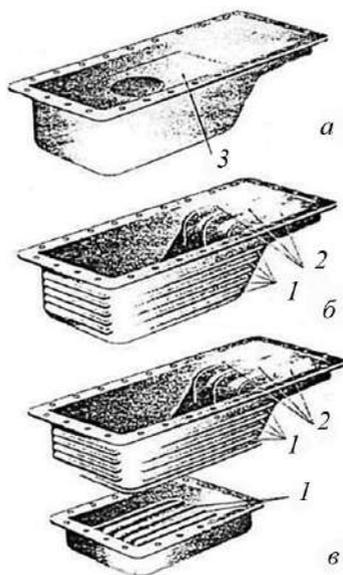


Рисунок 7.9 – Різновиди піддонів картера:

1 – ребра охолодження, 2 – дефлектори для направлення потоків масла, 3 – екран

Маслоприймачі, як правило, кріпляться на насосі та є первинним фільтром за рахунок установки сіток на вході. Через маслоприймач масло надходить на вхід масляного насоса (рис. 7.10, е, ж).

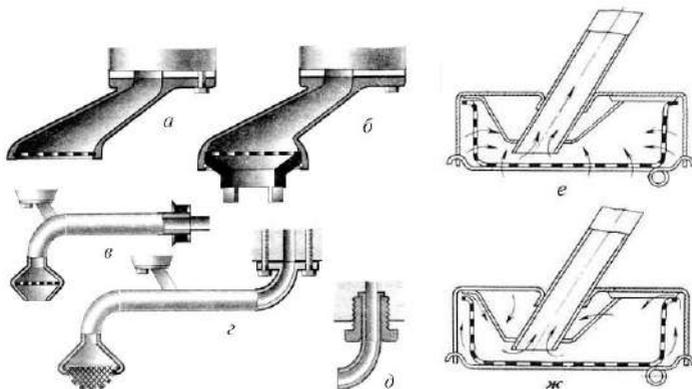


Рисунок 7.10 – Деякі поширені схеми маслоприймачів:

- a* – литий алюмінієвий маслоприймач – кришка масляного насоса;
- б* – те саме, але забірний отвір має гумовий дефлектор, що допускає деформації піддона картера;
- в* – маслоприймач із трубкою, ущільнюваною гумовим кільцем;
- г* – фланцеве кріплення трубки маслоприймача, допускає найбільші деформації при пошкодженні піддона картера;
- д* – кріплення трубки штуцером;
- е, ж* – шляхи переміщення масла

Масловіддільник запобігає потраплянню парів масла в камеру згорання двигуна, тим самим зменшує утворення сажі. Розрізняють лабіринтовий і циклічний способи відділення масла від газів. Сучасні двигуни обладнані масловіддільником комбінованої дії.

У **лабіринтовому масловідвіднику** (інше найменування заспокоювач) сповільнюється рух картерних газів, за рахунок чого великі краплі масла осідають на стінках і стікають у картер двигуна.

Відцентровий масловідвідник здійснює подальше відділення масла від картерних газів. Картерні гази, проходячи через масловіддільник, приходять в обертальний рух. Частинки масла під дією відцентрової сили осідають на стінках масловіддільника і стікають у картер двигуна. Для запобігання турбулентності картерних газів після відцентрового

масловіддільника застосовується вихідний заспокоювач лабіринтового типу. В ньому відбувається остаточне відділення масла від газів.

Очищення масла.

Для очищення масла застосовують фільтри. За способом установки фільтрів у системі змащення їх умовно поділяють на повнопотоковий і неповнопотоковий. *Повнопотоковий фільтр* встановлюється послідовно між насосом і споживачами масла та через нього проходить все масло, що подається насосом. *Неповнопотоковий фільтр* (рис. 7.11) установлений паралельно подачі масла до споживачів, і через нього проходить тільки частина масла (10–15 %).

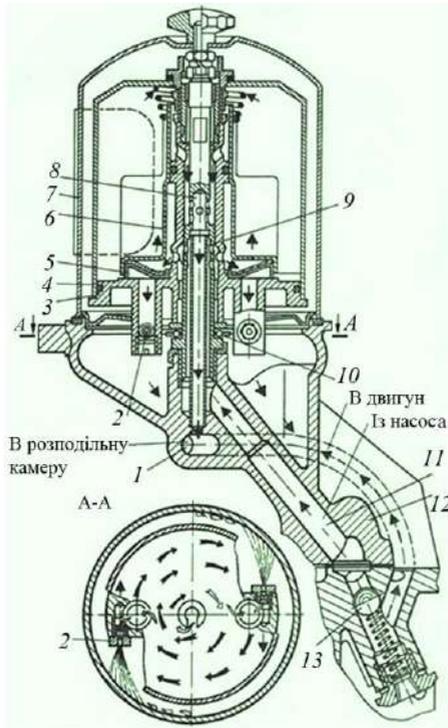


Рисунок 7.11 – Відцентровий масляний фільтр:

- 1 – канал; 2 – жиклер; 3 – ротор; 4 – ковпак; 5 – сітчастий фільтр; 6 – вставка;
7 – кожух; 8 – вісь ротора; 9 – трубка; 10 – підшипник; 11 – канал; 12 – корпус;
13 – перепускний клапан

За ступенем очищення їх поділяють на фільтри грубого та тонкого очищення. Фільтри грубого очищення (сітчасті або пластинчато-щілинні) призначені для очищення від великих домішок і застосовуються обмежено. За конструкцією фільтри можуть бути з нерухомим елементом, що фільтрує в розбірному або нерозбірному корпусі. Переважно на двигунах вантажних автомобілів застосовують відцентрові фільтри з рухомим фільтрувальним елементом.

На більшості двигунів легкових автомобілів в системах змащення застосовують нерозбірні фільтри рис. 7.12.

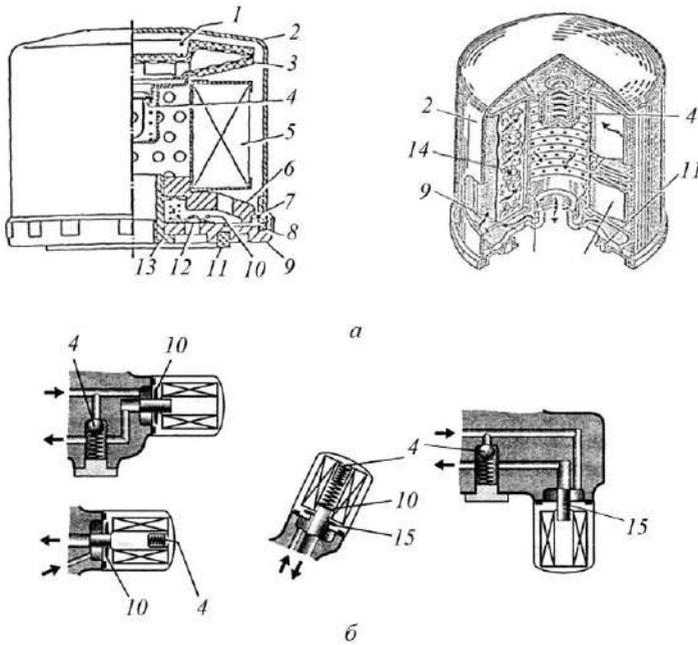


Рисунок 7.12 – Нерозбірні масляні фільтри:
a – конструкція; *б* – способи установки в системі змащення

Нерозбірний повнопоточковий фільтр (рис. 7.12, *a*) складається з корпусу 2 і кришки 9, об'єднаних завальцюванням. У корпусі розташований основний фільтрувальний елемент 5, фільтрувальний елемент перепускного клапана 3, приладжений до основного пружиною

1. Основний фільтрувальний елемент складається з паперового фільтропакета 5. Іноді паперовий фільтрувальний елемент має сегментну вставку 14 з меншим опором переміщенню масла. Додаткова вставка забезпечує проходження масла на непрогрітому двигуні. Аналогічну функцію виконує також додатковий фільтр. Крім фільтрувальних елементів нерозбірний фільтр може мати три види клапанів: протидренажний, перепускний і зворотний. Протидренажний клапан 10 використовується для виключення стікання масла з фільтра в картер при вимкненому двигуні. Протидренажний клапан виконаний у вигляді пружної гумової манжети, прилеглої до вхідних отворів. Пропускний клапан 4 забезпечує переміщення масла повз фільтрувальний елемент при його засміченні, а також при холодному пуску. Зворотний клапан 15 (див. рис. 7.12, б) виключає витікання масла з фільтра при його знятті з двигуна. Комбінація клапанів у складі фільтра визначається конструкцією системи змащення. Як правило, протидренажний клапан 10 необхідний при установці фільтра в нижній частині системи змащення. Пропускний клапан застосовується тоді, коли такого клапана немає в магістралі системи змащення. Зворотний клапан здебільшого застосовується на фільтрах із вертикальним розташуванням вхідного отвору знизу. При роботі двигуна масло надходить у порожнину навколо фільтрувального елемента через протидренажний клапан, проходить фільтрувальний елемент і виходить у систему через центральний штуцер. Заміна фільтра проводиться з урахуванням пробігу автомобіля.

Своєчасна подача масла в заданому напрямку з необхідними витратами і тиском багато в чому залежить від роботи клапанів, які регулюють потоки масла. У системах змащення переважної більшості двигунів подача насоса регулюється за допомогою редукційного клапана, що обмежує максимальний тиск за рахунок перепуску частини масла з виходу насоса на вхід. Обмеження тиску на виході насоса забезпечується також перепускним (зливним) клапаном. Захист системи від зниження тиску при підключенні до системи масляного радіатора забезпечується запобіжним клапаном, що працює на зниження тиску. Конструкція клапана може мати напрямні поверхні або виконуватися без напрямних. Варіанти схем клапанів показані на рис. 7.13. Клапани з напрямними поверхнями мають невелику порожнину для демпфірування коливань тиску, проте вони схильні до заклинювання при потраплянні частинок

зносу. Клапани без напрямних, як правило, мають нерівномірний знос сідла або клапана, що спричиняє зниження герметичності клапана.

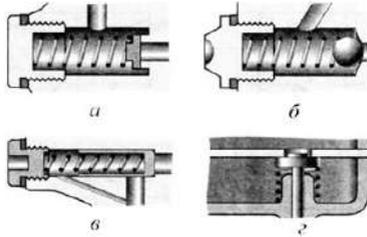


Рисунок 7.13 – Схеми клапанів:
a і б – без напрямних, *в і з* – з напрямними

Особливо слід розглянути диференціальний клапан системи змащення дизельних двигунів. Застосування диференціальних клапанів дозволяє регулювати подовану кількість масла в систему залежно від ступеня зносу тертьових поверхонь. При малому зносі витік масла в зазорах невеликий. З урахуванням подальшого збільшення витоків, необхідно при малих зазорах частину масла спрямувати на злив у піддон. Застосування розглянутих раніше клапанів призводить до змінання потоку масла, що погіршує його властивості. Конструкція диференціального клапана (рис. 7.14) забезпечує керовані режими його роботи з перетіканням масла без опору.

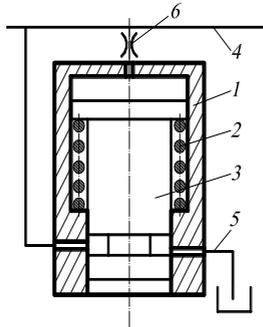


Рисунок 7.14 – Схема роботи диференціального клапана:
1 – корпус; *2* – пружина; *3* – золотник; *4* – головна масляна магістраль;
5 – злив масла в піддон; *6* – дросель

Схему подачі масла у вісь коромисел, а також до пар тертя коромисло – вісь та регулювальний гвинт - штанга штовхача наведено на рис. 7.15.

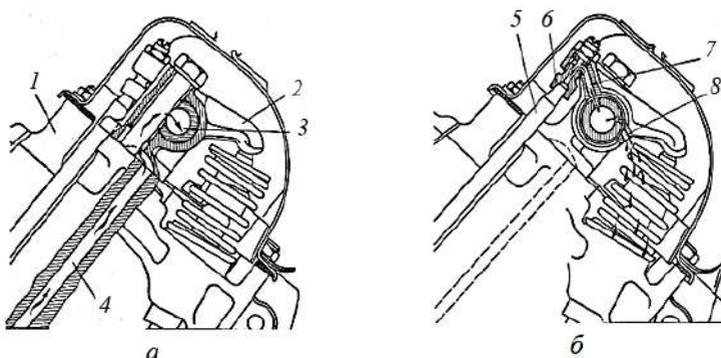


Рисунок 7.15 – Схема змащування механізму коромисел:

а – схема підведення масла до осі коромисел; *б* – схема змащування механізму

коромисла; 1 – головка циліндрів; 2 – коромисло;

3 – порожнина осі коромисел; 4 – канал у головці циліндрів; 5 – штанга;

6 – регулювальний гвинт; 7 – канал для підведення масла до пари тертя регулювальний гвинт-штанга; 8 – канал для відведення масла з осі коромисел

З каналу 4 (рис. 7.15) у головці циліндрів масло крізь паз на опорній поверхні стійки осі та зазор між стояком і болтом кріплення осі коромисел надходить до порожнини 3. З неї через отвори осі масло надходить до втулок коромисел 2, а через канал 7 – до пари тертя регулювальний гвинт 6 – штанга штовхача 5. Через канал 8 масло стікає на поверхню головки циліндрів, далі по штангам – до порожнини штовхача, а з неї – до піддона картера.

Стрижні клапанів у напрямній втулці та механізм обертання випускного клапана змащуються масляним туманом і маслом, що витікає з механізму коромисел.

Масляний радіатор (рис. 7.16) призначений для розсіювання теплоти, що відводиться маслом від двигуна. Необхідну температуру моторного масла (80...110 °С) підтримують за допомогою двох систем – охолодження і змащування, робота яких тісно взаємопов’язана.

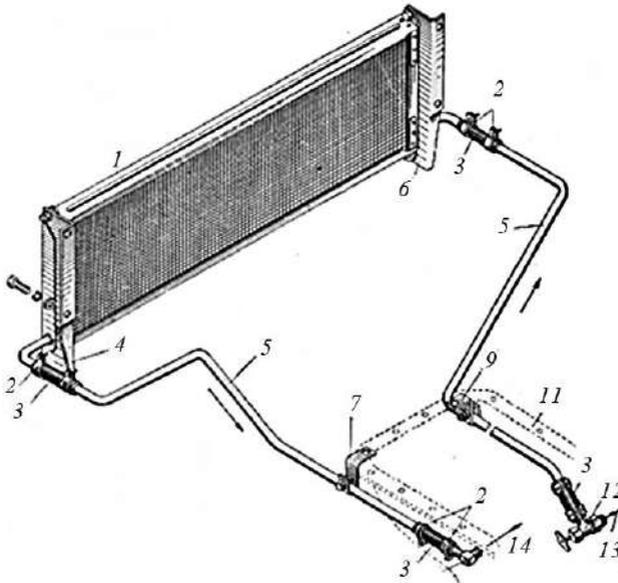


Рисунок 7.16 – Масляний радіатор:

- 1 – рамка радіатора; 2 – стяжні хомути; 3 – з'єднувальні шланги;
 4, 6 – бічні кронштейни радіатора; 5 – трубопровід, що відводить масло з радіатора; 7, 9 – кронштейни кріплення трубопроводів; 8 – трубопровід підведення масла до радіатора; 10 – косинець; 11 – піддон картера двигуна;
 12 – кран; 13 – напрямок руху масла з нижньої секції масляного насоса;
 14 – напрямок руху масла до піддона картера

У малопотужних двигунах автомобілів, що рухаються з високими швидкостями, достатньо охолоджувати масло в піддоні картера шляхом обдування зустрічним потоком повітря. У потужних двигунах із напруженим робочим процесом, установлених на відносно тихохідних автомобілях, необхідно здійснювати примусове охолодження масла, наприклад у масляних радіаторах.

Такі радіатори можуть бути двох типів: рідинно-масляні, які встановлюються в рідинній системі охолодження двигуна, і повітряно-масляні з обдувом потоком повітря, утвореного при русі автомобіля та створюваного вентилятором.

Повітряно-масляні радіатори за своєю конструкцією аналогічні трубчасто-пластинчастим радіаторам системи охолодження або виконані з оребрених трубок їх встановлюють перед радіатором системи охолодження. Інтенсивність охолодження масла при цьому залежить від температури навколишнього повітря.

Рідинно-масляний радіатор складається з системи трубок, в яких циркулює масло та які омиваються рідиною системи охолодження двигуна. Вони можуть бути трубчастими або пластинчастими. В середину трубок (з боку масла) впаюють турбулізатори, що поліпшують тепловідведення від масла до стінок. Рідинно-масляні радіатори дозволяють більш стабільно підтримувати температуру масла, прискорюють його прогрівання після пуску двигуна. Зазвичай вони бувають менші за габаритами, ніж повітряно-масляні, оскільки теплопередача від стінок до рідини значно вища, ніж до повітря. Радіатори можуть включатися в систему змащення послідовно або паралельно головній масляній магістралі. Найбільш поширеною є паралельна схема вмикання, однак вона потребує додаткової секції в насосі, яка прокачує масло через радіатор. Якщо радіатор живиться від загальної секції насоса, то на вході встановлюють запобіжний клапан, що запобігає небезпечному зниженню тиску в головній магістралі шляхом відключення радіатора при зниженні тиску в системі до 0,1 МПа. При живленні радіатора окремою секцією масляного насоса її оснащують перепускним клапаном, регульованим на надлишковий тиск 0,12 МПа.

Моторні масла. Вимоги до моторних масел

Якісні характеристики масел, що застосовуються в системі змащення двигуна, повинні найбільш повно забезпечувати виконання системою основних її функцій:

- зниження тертя між рухомими з'єднаннями деталей двигуна;
- запобігання перегріву термонапружених деталей, до яких складно підвести рідину системи охолодження;
- захист деталей двигуна від корозії;
- змивання з поверхонь деталей продуктів абразивного зносу, бруду і механічних частинок. Крім того, моторне масло має тривалий час

зберігати свої корисні властивості в широкому інтервалі робочих температур, зберігати незмінну в'язкість при будь-якій температурі навколишнього середовища, не зазнавати значного хімічного і фізичного зносу в період експлуатації, оскільки занадто часта заміна масла і його доливання у систему змащення негативно позначиться на вартості експлуатації двигуна й автомобіля в цілому. Виходячи з цього, до моторних масел ставлять ряд вимог:

- низька температура застигання;
- мінімальна зміна в'язкості в широкому інтервалі температур;
- тривале збереження фізичних, хімічних і змащувальних властивостей в період експлуатації;
- запобігати утворенню відкладень на деталях двигуна (нагар, лаки, шлами та ін.);
- надійно захищати робочі поверхні деталей двигуна від корозії;
- не містити механічних домішок і води;
- мати мінімальну витрату.

Найбільш повно цим вимогам задовольняють синтетичні моторні масла, одержувані штучно в результаті синтезу з різних вуглеводнів і органічних сполук. Як сировина при виробництві синтетичних автомобільних масел використовуються нафтопродукти, природний газ та інші вуглеводневі сполуки. Синтетичні моторні масла залежно від складу підрозділяються на поліальфаолефінові, ефірні, вуглеводневі, поліорганосілоксанові та інші. За допомогою зміни умов перебігу хімічних реакцій (температури, тиску, тривалості процесу) при виробництві синтетичних моторних масел задаються необхідні якісні характеристики, що вірізняють синтетичні масла більшою стабільністю порівняно з моторними маслами на мінеральній основі. Синтетичне моторне масло мало схильне до загустіння при низьких температурах (полегшення запуску двигуна взимку), мало розріджується при нагріванні і зберігає змащувальні властивості протягом тривалого часу експлуатації. Основний недолік «синтетики» – висока вартість порівняно з мінеральними моторними маслами. Різноманіття типів і конструкцій двигунів, а також умов їх роботи зумовлює необхідність застосування

моторних масел, що істотно розрізняються за властивостями. В цей час у світовому промисловому виробництві налагоджено випуск кількох сотень різних типів моторних масел, що відзначаються якісними характеристиками і призначенням. Це привело до появи великої кількості систем маркування моторних масел, серед яких можна виділити найбільш часто використовувані.

Класифікація моторних масел за ДСТУ

В позначенні моторного масла (наприклад, М-8В) перша літера вказує на його призначення (М – моторне), цифра – на кінематичну в'язкість масла при 100 °С (в сантистоксах), друга літера – групу масла, що характеризує тип двигуна й умови експлуатації, для яких це масло призначено. За форсованістю двигуна масло ділиться на групи, що позначаються великими літерами:

- А – для нефорсованих двигунів;
- Б – для малофорсованих двигунів;
- В – для середньофорсованих двигунів;
- Г – для високофорсованих двигунів;
- Д – для високофорсованих дизелів, що працюють у важких умовах;
- Е – для тихохідних дизелів, що працюють на паливі з високим вмістом сірки (масла цієї групи на автомобільних двигунах не застосовуються).

Цифровий індекс наступного за позначенням групи вказує тип двигуна: якщо масло призначено для бензинового двигуна – ставиться індекс «1» (наприклад, «Г1»), для дизеля – індекс «2» (наприклад, «Г2»). Якщо масло підходить і для бензинових, і для дизельних двигунів, індекс опускається (тобто не ставиться). Масла перерахованих груп розрізняють за кількістю та ефективністю введення в них присадок (табл. 7.1).

Найменше присадок у маслах групи А.

Присадки є складні органічні або металоорганічні сполуки, що поліпшують властивості масел. Так, протикорозійні присадки створюють на поверхні металу захисну плівку; в'язкі присадки стабілізують в'язкість масел у широкому інтервалі температур; миючі присадки перешкоджають осадженню частинок нагару і продуктів окиснення на

Таблиця 7.1 – Кількість та ефективність уведення присадок у перерахованих групах

Група масла	Кількість присадок, %
А	3,5
Б	5,5...6
В	7...10
Г	7...12,5
Д	15...22

поверхнях деталей та утримують ці частинки в підвішеному стані, полегшуючи фільтрацію масла та ін.

Якщо в позначенні класу в'язкості після числа вказано буквенний індекс «з», то це означає, що в масло введено загусники, що зменшують залежність в'язкості масла від температури, тобто масло може застосовуватися як всесезонне. Приклади повного позначення моторних масел:

– Масло М-10Г2 – моторне сезонне масло з в'язкістю при температурі 100 °С, рівній 10 сСт, призначене для високофорсованих дизельних двигунів;

– Масло М-6з / 10В – моторне всесезонне масло підвищеної в'язкості, містить загусник. Призначено для середньофорсованих бензинових і дизельних двигунів;

– Масло М-8Б2 – моторне масло в'язкістю 8 сСт (при 100 °С), призначено для середньофорсованих дизелів. Марка масла може містити в дужках додатковий індекс, який вказує на спеціальні властивості масла. Наприклад, у позначенні масла М8-Г2 (к) буква «к» свідчить, що масло призначено для двигунів автомобілів марки «КамАЗ»; в позначенні масла М10-Г1 (і) літера «і» означає, що в масло введені імпорتنі присадки; індекс «т» позначає, що масло придатне і для трансмісії, наприклад - М16-Б2 (т) буква «т» позначає, що масло малозольне. Масла М8-Д (м) і М-Ю-Д (м) з індексом «м» призначені для двигунів із турбонадувом.

Міжнародні класифікації моторних масел

В останні роки автомобілісти дедалі частіше використовують як мастильний матеріал двигунів (особливо, власники іномарок) імпорتنі

масла, що мають відмінне від українського маркування. В цей час провідні світові виробники найчастіше використовують такі загальновизнані класифікації моторних масел:

- *SAE* – Американське суспільство автомобільних інженерів;
- *API* – Американський інститут нафти;
- *ACEA* – Асоціація європейських виробників автомобілів (спільна американо-японська класифікація);
- *MIL-L* – специфікації Військового відомства США;
- *ILSAC* – Міжнародний комітет зі стандартизації та апробації моторних масел.

Крім того, провідні виробники автомобілів піддають моторні масла випробуванням за власними програмами і технологіями, після чого допускають масла, що витримують такі випробування, як масла першої заправки для всіх або певних типів техніки свого виробництва. Такі специфічні масла називають допусками.

Класифікація моторних мастил за SAE

Однією з основних властивостей моторних масел є в'язкість, яка змінюється залежно від температури – при нагріванні в'язкість зменшується, при охолодженні – збільшується. В цей час загальновизнаною міжнародною системою класифікації моторних масел за в'язкістю є *SAE J300*, розроблена Товариством автомобільних інженерів США (*SAE* – Society of Automotive Engineers). В'язкість масла за цією системою виражається в умовних одиницях – ступенях в'язкості. Чим більше число, що входить у позначення класу *SAE*, тим вища в'язкість масла. Специфікація описує три ряди в'язкості масел: зимові, літні та всесезонні. Але, перш ніж їх розглянути, звернемося до теорії, яку описує наука гідравліка. Температурний діапазон моторного масла в здебільшого визначається двома його характеристиками: кінематичною і динамічною в'язкістю. *Кінематична в'язкість* вимірюється в капілярному віскозиметрі та показує, наскільки легко масло тече при наданій температурі під дією сили тяжіння в тонкій капілярній трубці.

Динамічна в'язкість вимірюється в більш складних установках – ротаційних віскозиметрах. Вона показує наскільки змінюється в'язкість масла при зміні швидкості переміщення змащуваних деталей відносно

один одного. Зі збільшенням швидкості відносного переміщення змащуваних деталей в'язкість знижується, а зі зменшенням – зростає. Відповідно до класифікації *SAE* регламентуються в'язкісно-температурні показники моторних масел, тобто їх практична в'язкість. Експлуатаційні властивості масел (якість) визначаються за класифікаціями, розробленими *API* і *ACEA*.

Зимові масла SAE

Ряд зимових масел: *SAE 0W, 5W 10W, 15W, 20W, 25W* – позначаються цифрою і літерою *W* (*Winter* – Зима). Для зимових класів встановлено два максимальних значення низькотемпературної динамічної в'язкості та нижню межу кінематичної в'язкості при 100 °С. Основною характеристикою зимових масел є низькотемпературна в'язкість, яка визначається показниками прокручуваності і прокачуваності.

Прокручуваність - показує динамічну в'язкість моторного масла і температуру, при якій масло залишається досить рідким, щоб було можливо запустити двигун. Температурна межа прокачуваності визначає мінімальну температуру, при якій насос системи змащення здатний подавати масло до деталей двигуна, не допускаючи сухого тертя між ними. В'язкість, що забезпечує нормальну роботу системи змащення, не перевищує 60 000 МПа·с. Максимальна низькотемпературна в'язкість прокручування вимірюється за методом *ASTM D5293* на віскозиметрі *CCS*. Цей показник відповідає значенням, при яких забезпечується необхідна для запуску двигуна частота обертання колінчастого вала.

Прокачуваність – це динамічна в'язкість масла, при якій масло зможе прокачатися по системі змащення, і двигун не буде працювати в режимі сухого тертя. Температура прокачуваності нижче температури прокручуваності приблизно на 5 °С. В'язкість прокачуваності визначається за методом *ASTM D4684* на віскозиметрі *MRV*.

Високотемпературні властивості зимових масел характеризує мінімальна кінематична в'язкість при 100 °С – показник, що визначає мінімальну в'язкість моторного масла при прогрітому двигуні.

Літні масла SAE

Ряд літніх масел: *SAE 20, 30, 40, 50, 60* – позначаються цифрою без

літерного позначення. Основні властивості річного ряду масел визначаються так:

- за мінімальною та максимальною кінематичною в'язкістю при 100 °С – показник, що визначає мінімальну і максимальну в'язкість моторного масла при прогрітому двигуні;
- за мінімальною в'язкістю при 150 °С і швидкістю зсуву 106 с⁻¹.

Градiєнт швидкостi зсуву – це відношення швидкості руху однієї поверхні тертя щодо іншої до величини зазору між ними, заповненого маслом. Зі збільшенням градієнта швидкості зсуву знижується в'язкість масла, але вона знову зростає, коли швидкість зсуву зменшується.

Всесезонні масла SAE

Ряд всесезонних масел: *SAE 0W-20, 0W-30, 0W-40, 0W-50, 0W-60, 5W-20, 5W-30, 5W-40, 5W-50, 5W-60, 10W-20, 10W-30, 10W-40, 10W-50, 10W-60, 15W-30, 15W-40, 15W-50, 15W-60, 20W-30, 20W-40, 20W-50, 20W-60*. Позначення складається з комбінації зимового і літнього ряду, розділених тире. Всесезонні масла повинні задовольняти одночасно критерії і зимового, і літнього масел. Чим менша цифра, що стоїть перед буквою *W*, тим менша в'язкість масла при низькій температурі, легший холодний пуск двигуна стартером і краща прокачуваність масла по мастильній системі. Чим більша цифра, що стоїть після літери *W*, тим більша в'язкість масла при високій температурі і надійніше змащення двигуна при спекотній погоді. Таким чином, клас *SAE* повідомляє споживачевий діапазон температури навколишнього середовища, в якому масло забезпечить:

- прокручування двигуна стартером (для зимових і всесезонних масел);
- прокачування масла масляним насосом по мастильній системі двигуна під тиском при холодному пуску в режимі, що не допускає сухого тертя у вузлах тертя (для зимових і всесезонних масел);
- надійне змащування влітку при тривалій роботі в максимальному швидкісному і навантажувальному режимах (для літніх і всесезонних масел). Слід зазначити, що європейські стандарти вважаються більш строгими, ніж американські. Пояснюється це тим, що умови експлуатації та більш компактні двигуни на європейських моделях дозволяють знімати більше потужності з одиниці об'єму.

Класифікація моторних масел за API

Основні показники масел відповідно до класифікації API: тип двигуна і режим його роботи, експлуатаційні властивості й умови застосування, рік випуску. Стандартом передбачено поділ масел на дві категорії:

- Категорія *S (Service)* – масла, призначені для 4-тактних бензинових двигунів;

- Категорія *C (Commercial)* – масла для дизельних двигунів автотранспорту, дорожньо-будівельної техніки і сільськогосподарських машин. Позначення класу масла складається з двох літер латинського алфавіту: перша (*S* або *C*) вказує категорію масла, друга – рівень експлуатаційних властивостей. Чим далі від початку алфавіту друга літера, тим вищий рівень властивостей (тобто якість масла).

Класи дизельних масел поділяються додатково для двотактних (*CD-2*, *CF-2*) і чотиритактних дизелів (*CF-4*, *CG-4*, *CH-4*). Більшість зарубіжних моторних масел універсальні – їх застосовують як у бензинових, так і в дизельних двигунах, такі масла мають подвійне позначення, наприклад: *SF / CC*, *CD / SF* і т. д. Основне призначення масла вказують перші літери, тобто *SF / CC* – «більш бензинове», *CD / SF* – «більш дизельне». Енергозберігаючі масла для бензинових двигунів додатково позначаються аббревіатурою *EC (Energy Conserving)*. В цей час категорія *S* складається з 12 класів моторних масел – *SA, SB, SC, SD, SE, CF, CG, SH, SJ, SL, SM, SN*.

В категорію *C* входить 14 класів – *CA, CB, CC, CD, CD-II, SE, CF, CF-4, CF-2, CG-4, CH-4, CI-4, CI-4 Plus, CJ-4*.

Кожен наступний клас категорії характеризується більш пізнім роком уведення в дію. Цифри в позначеннях (наприклад, *CE-4*, *CP-2*) дають уявлення про можливість застосування масел в 2- або 4-тактних двигунах. Як зазначалося вище, якщо моторне масло може використовуватися як у бензинових, так і дизельних двигунах, то позначення складається з двох частин. У першій вказується тип двигуна, для якого масло оптимізовано, в другій – ще один дозволений тип двигуна. Приклад позначення: *API SI-4 / SL*. В таблиці 7.2 наведено експлуатаційні умови залежно від класу API.

Таблиця 7.2 – Експлуатаційні умови залежно від класу *API*

Клас <i>API</i>	Експлуатаційні умови
Категорія <i>S</i>	
<i>SH</i>	Масла, призначені для бензинових двигунів легкових автомобілів, фургонів і легких вантажівок. Клас <i>SH</i> передбачає поліпшення показників класу <i>SG</i> , на зміну якому він прийшов
<i>SJ</i>	Забезпечує відповідність вимогам <i>SH</i> , а також вводить додаткові вимоги щодо витрати масла, енергозберігаючих властивостей і стійкості до утворення відкладень при нагріванні
<i>SL</i>	Передбачає поліпшення антиокисних, енергозберігаючих та миючих властивостей масел
<i>SM</i>	Встановлює ще більш жорсткі вимоги до моторних масел
<i>SN</i>	Стандарт застосовує додаткові вимоги до забезпечення енергоощадності і зносостійкості, а також передбачає зменшення зносу гумово-технічних виробів двигуна. Масла класу <i>API SN</i> можна використовувати в двигунах, що працюють на біопаливі
Категорія <i>C</i>	
<i>CH-4</i>	Застосовується для масел, що використовуються у високошвидкісних дизельних двигунах
<i>CI-4</i>	Застосовується для масел, що використовуються у високошвидкісних дизельних двигунах, передбачає використання масел при утриманні в дизельному паливі сірки до 0,5 %. Забезпечує збільшення терміну експлуатації двигунів із системою рециркуляції відпрацьованих газів (<i>EGF</i>). Є додаткові вимоги до протиокисних властивостей, зносостійкості, утворення відкладень, спінення, деградації ущільнювачів, втрати в'язкості при зсуві
<i>CJ-4</i>	Застосовується для масел, що використовуються в високошвидкісних дизельних двигунах. Передбачає можливість використання при вмісті сірки в дизельному паливі до 0,05 % за масою. Масла, що відповідають класу <i>CJ-4</i> , особливо ефективно працюють у двигунах з фільтрами саж (<i>OFF</i>) та іншими системами нейтралізації відпрацьованих газів. Також вони мають поліпшені антиокисні властивості, стабільність у широкому діапазоні температур, стійкість до утворення відкладень

На сьогоднішній день класифікація *API* містить 3 діючих класи категорії *S* і 6 діючих класів категорії *C*. Але багато виробників продовжують випускати масла класів, які були виключені зі специфікації, оскільки автомобілі *CD* зі старими двигунами продовжують експлуатуватися, а значить є необхідність у цих маслах.

Згідно з рекомендаціями *API* вищий діючий клас категорії *S* замінює нижчий діючий клас. Для дизельних масел вищий діючий клас, як правило, але не завжди замінює нижчий клас.

Класифікація моторних масел за ACEA

Класифікація *ACEA* була розроблена Асоціацією європейських виробників автомобілів у 1995 році, останнє видання стандарту передбачає поділ масел на три категорії і 12 класів: *A / B* – бензинові і дизельні двигуни легкових автомобілів, фургонів, мікроавтобусів (*A1/B1-12*, *A3/B3-12*, *A3/B4-12*, *A5/B5-12*); *C* – бензинові і дизельні двигуни з каталізатором відпрацьованих газів (*C1-12*, *C2-12*, *C3-12*, *C4-12*); *E* – важкоавантажені дизельні двигуни (*E4-12*, *E6-12*, *E7-12*, *E9-12*). В позначенні за *ACEA*, крім класу моторного масла, вказується рік його введення в дію, а також номер видання (в разі, якщо були оновлені технічні вимоги).

Класифікація моторних масел за ILSAC

Міжнародний комітет зі стандартизації та апробації моторних масел (*ILSAC*) видав п'ять стандартів моторних масел: *ILSAC GF-1*, *ILSAC GF-2*, *ILSAC GF-3*, *ILSAC GF-4* і *ILSACGF-5*.

Контрольні запитання

1. Призначення і будова системи змащення двигуна.
2. Розташування основних вузлів систем змащення.
3. Комбінована система змащення.
4. Які види приводів існують?
5. Назвіть види масляних насосів.
6. Особливості конструкції масляних насосів.

7. Призначення піддона.
8. Назвіть види піддонів ДВЗ автомобілів.
9. Призначення, види, особливості конструкції маслоприймачів.
10. На яких автомобілях застосовується система змащення із сухим картером?
11. Призначення масляного радіатора?
12. Які види масляних радіаторів існують?
13. Моторні масла.
14. Вимоги до моторних масел.
15. Класифікація моторних масел.
16. Міжнародні класифікації моторних масел за *SAE*.
17. Міжнародні класифікації моторних масел за *API*.
18. Міжнародні класифікації моторних масел за *ILSAC*.

Лабораторна робота 8

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВЗ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу сучасних систем охолодження, що використовуються на різних двигунах внутрішнього згоряння автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції двигунів, автомобілів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій сучасних двигунів;
- двигун у розрізі;
- автомобілі.

Завдання до роботи:

- визначити та класифікувати системи охолодження ДВЗ;
- вивчити складові частини систем охолодження двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), виділити складові механізми і пристрої. Визначити їх призначення;

- подати в звіті структуру кожної системи охолодження ДВЗ відповідно до завдання.

Системи охолодження

Система охолодження призначена для підтримання оптимального теплового режиму двигуна, щоб він не перегрівався та не переохолоджувався під час роботи, оскільки і перегрів, і переохолодження шкідливі для двигуна. На рис. 8.1 наведено систему охолодження.

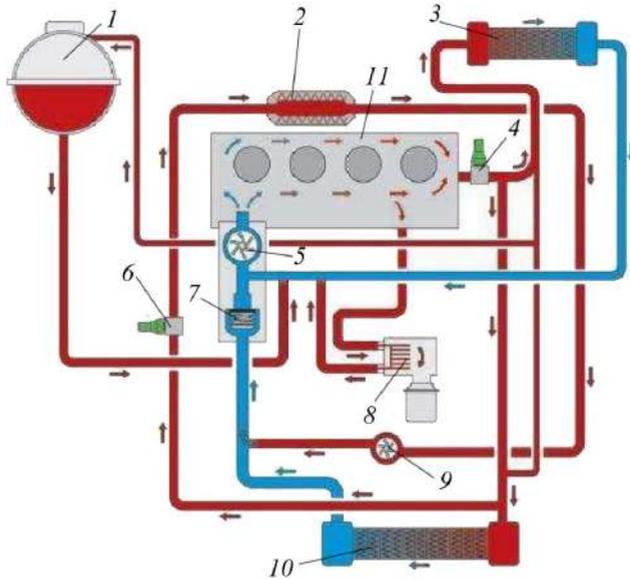


Рисунок 8.1 – Система охолодження двигуна

Система охолодження має таку загальну будову (див. рис. 8.1):

- радіатори системи охолодження 3, 10;
- масляний радіатор;
- теплообмінник опалювача 2;
- розширювальний бачок 1;
- відцентровий насос 5, 9;
- термостат 7;
- вентилятор 8 радіатора обігрівача салону (кабіни);
- датчики 4, 6;
- «сорочка охолодження» II двигуна;
- патрубки.

На потужних двигунах встановлюється **термостат з електричним нагрівачом**, який забезпечує двоступеневе регулювання температури охолодної рідини. Для цього в конструкції термостата передбачено три робочих положення: закрите, частково відкрите і повністю відкрите. При

повному навантаженні на двигун за допомогою електричного підігріву термостата проводиться його повне відкриття.

При цьому температура охолодної рідини знижується до 90 °С, зменшується схильність двигуна до детонації. В інших випадках температура охолодної рідини підтримується в межах 105 °С.

Впровадивши термостат з електронним керуванням (рис. 8.2–8.3), добилися більш швидкого прогріву двигуна і підняли його робочу температуру з 85 до 110 °С. ККД мотора збільшився, а бензину він, відповідно, став витрачати трохи менше.



Рисунок 8.2 – Термостат з електронним керуванням

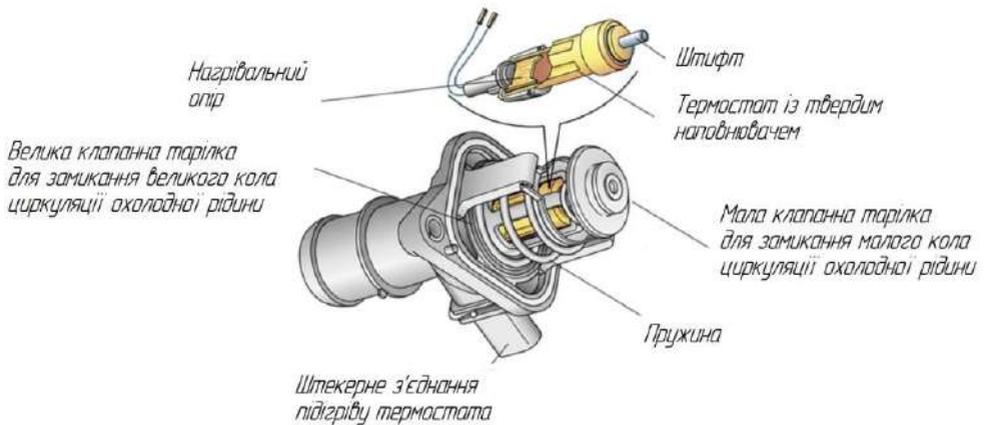


Рисунок 8.3 – Регуляторний модуль (термостат нового покоління)

Основні конструктивні елементи:

- термостат із твердим наповнювачем;
- нагрівальний опір у твердому наповнювачі;
- пружина для механічного замикання каналів охолодної рідини;
- одна велика й одна маленька клапанні тарілки;

Дія

Охолодна рідина постійно обтікає термостат із твердим наповнювачем в розподільнику.

У ненагрітому стані наповнювач поводить себе звичайно, проте він налаштований на іншу температуру.

За допомогою охолодної рідини наповнювач розріджується і розширюється, що веде до підйому штифта.

Коли до нагрівального опору не надходить струм, термостат діє звичайним способом, проте температура його спрацьовування, відповідно до нової системи регулювання становить 110 °С (температура охолодної рідини на виході з двигуна).

У наповнювач вбудовано нагрівальний опір. Коли на нього подається струм, він нагріває наповнювач, і штифт тепер переміщається не тільки під дією нагрітої охолодної рідини, а й під дією нагрівання опору. Ступінь його нагрівання визначає блок керування двигуном відповідно до закладеної в нього програми оптимізації температури охолодної рідини.

Типовими **елементами керування** системи охолодження є датчик температури охолодної рідини, електронний блок керування та різні виконавчі пристрої.

Датчик температури охолодної рідини фіксує значення контрольованого параметра і перетворює його в електричний сигнал. Для розширення функцій системи охолодження (охолодження відпрацьованих газів у системі рециркуляції відпрацьованих газів,

регулювання роботи вентилятора та ін.) на виході радіатора встановлюється додатковий датчик температури охолодної рідини.

Сигнали від датчика приймає **електронний блок керування** і перетворює їх в управлінський вплив на виконавчі пристрої.

Використовується, як правило, блок керування двигуном із встановленим і відповідним програмним забезпеченням.

У роботі системи охолодження можуть використовуватися такі виконавчі пристрої:

- нагрівач термостата;
- реле додаткового насоса охолодної рідини;
- блок керування вентилятором радіатора;
- реле охолодження двигуна після зупинки.

Принцип роботи системи охолодження

Роботу системи охолодження забезпечує система керування двигуном. У сучасних двигунах алгоритм роботи реалізований на основі **математичної моделі**, яка враховує різні параметри (температуру охолодної рідини (рис. 8.4), температуру масла, зовнішню температуру та ін.) і задає оптимальні умови вмикання та час роботи конструктивних елементів.

Охолодна рідина в системі має примусову циркуляцію, яку забезпечує відцентровий насос. Рух рідини здійснюється через «сорочку охолодження» двигуна. При цьому відбувається охолодження двигуна і нагрівання охолодної рідини.

Напрямок руху рідини в «сорочці охолодження» може бути поздовжнім (від першого циліндра до останнього) або поперечним (від випускного колектора до впускного).

Залежно від температури рідина циркулює по малому або великому колу. При запуску двигуна сам двигун і охолодна рідина в ньому холодні. Для прискорення прогрівання двигуна охолодна рідина рухається по **малому колу**, мінаючи радіатор. Термостат при цьому закритий. У міру

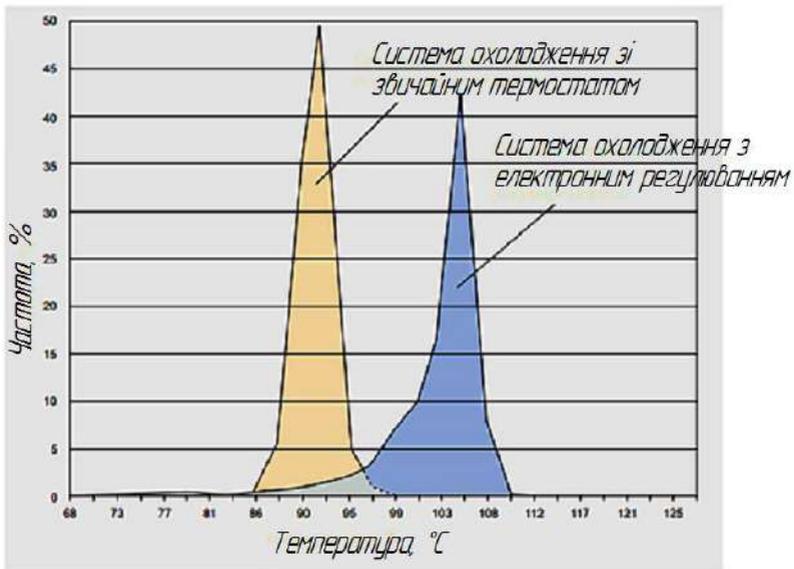


Рисунок 8.4 – Температура охолодної рідини на виході з двигуна

нагрівання охолодної рідини термостат відкривається і охолодна рідина рухається по **великому колу** – через радіатор. Нагріта рідина проходить через радіатор, де охолоджується зустрічним потоком повітря. За необхідності рідина охолоджується потоком повітря від вентилятора. Після охолодження рідина знову надходить у «сорочку охолодження» двигуна.

В ході роботи двигуна цикл руху охолодної рідини багаторазово повторюється. На автомобілях із турбонадуванням може застосовуватися двоконтурна система охолодження, в якій один контур відповідає за охолодження двигуна, інший – за охолодження наддувного повітря.

Особливості будови системи охолодження наведена на рис. 8.5.

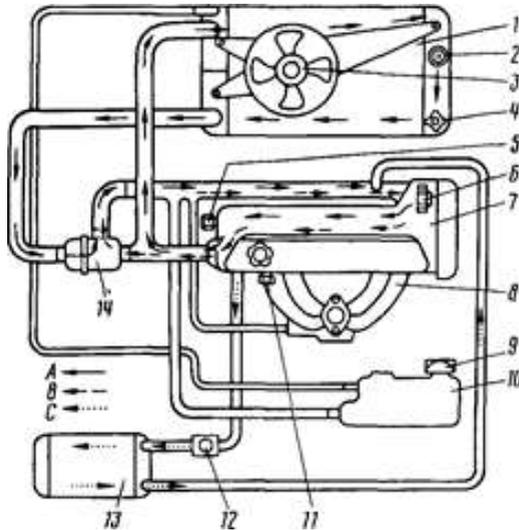


Рисунок 8.5 – Схема системи охолодження двигуна:

- 1 – радіатор; 2 – датчик вмикання електродвигуна вентилятора;
- 3 – електровентилятор; 4 – зливна пробка радіатора; 5 – датчик показчика температури охолодної рідини; 6 – насос; 7 – двигун;
- 8 – впускний колектор; 9 – пробка розширювального бачка;
- 10 – розширювальний бачок; 11 – зливна пробка двигуна; 12 – кран підігрівача;
- 13 – підігрівач; 14 – термостат

Теплообмінник для картерних газів необхідний для зниження їх температури для того, щоб при заповненні циліндрів двигуна свіжим ваговим зарядом (повітрям або горючою сумішшю) вони займали менше об'єму, що підвищує наповнюваність циліндра двигуна, тобто підвищує коефіцієнт його наповнення.

Водорозподільна труба, що розташовується в нижній частині сорочки охолодження, забезпечує рівну за температурою подачу охолодної рідини до кожного циліндра двигуна.

Теплообмінник, що працює для охолодження масла у високооберткових і більш потужних двигунах, має велику температуру, це ускладнює його охолодження зустрічним повітряним потоком, а також сприяє зменшенню протяжності масляних комунікацій.

Розглянемо будову муфти вентилятора (рис. 8.6) *Toyota* та який принцип її дії. Оскільки ця тема все ще викликає часом питання, спробуємо розібратися.

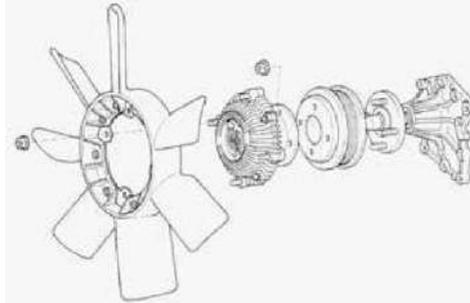


Рисунок 8.6 – Муфта вентилятора

Вентилятор зазвичай поєднаний із насосом охолодної рідини, традиційно встановлювався на більшість моделей із поздовжнім розташуванням силового агрегату. Якби крильчатка вентилятора жорстко з'єднувалася з приводним шківом, то частота його обертання була прямо пропорційна обертам колінчастого вала – таке охолодження було б забагато ефективним, особливо на великих обертах і при низькій температурі за бортом. Тому, для регулювання інтенсивності потоку повітря, що проходить через радіатор, між шківом і крильчаткою встановлюється муфта.

При малій температурі швидкість обертання вентилятора мінімальна, це дозволяє двигуну швидше прогріватися та заодно знижує шум від крильчатки. У міру зростання температури оберти вентилятора також будуть наростати.

Конструкція (див. рис. 8.7)

Ротор муфти жорстко кріпиться на шківі насоса охолодної рідини. По колу диска ротора нарізані косі зуби, які виконують функцію насоса для перекачування масла. Корпус муфти в зборі (корпус підшипника та передня кришка) обертається навколо ротора на підшипнику.

По обидва боки ротора встановлені пластини, що відокремлюють робочі камери від резервуарів. Передня (з впускними каналами А і В та

поворотним каналом) закріплена на кришці ротора, задня (з поворотним каналом) – на корпусі підшипника.

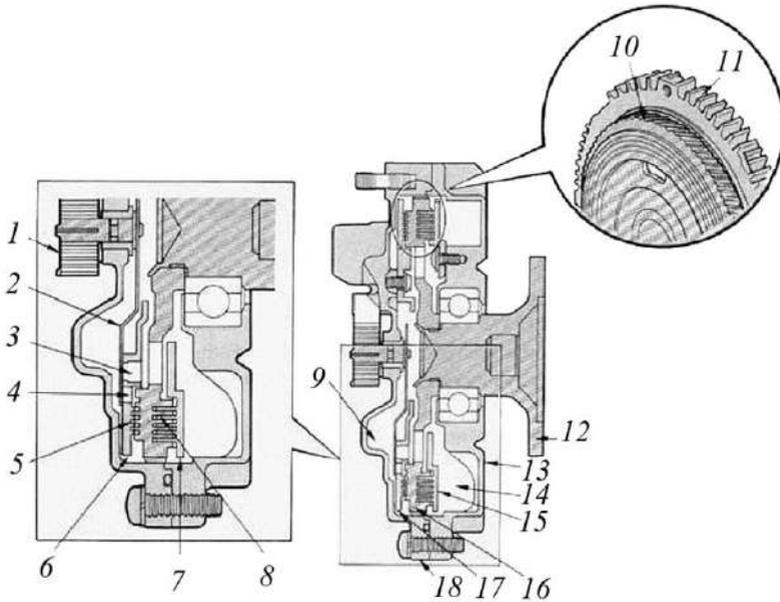


Рисунок 8.7 – Муфта вентилятора:

1 – біметалева пружина; 2 – біметалева пластина; 3 – впускний канал В;
 4 – впускний канал А; 5 – передня камера; 6, 7 – поворотний канал;
 8 – задня камера; 9 – передній резервуар; 10 – зуби ротора; 11 – корпус підшипника; 12 – вал ротора; 13 – корпус підшипника; 14 – задній резервуар;
 15 – відокремлююча пластина; 16 – ротор; 17 – передня відокремлююча пластина;
 18 – передня кришка

Робочі камери являють собою «лабіринти», утворені ребрами на роторі і на відокремлюючих пластинах. Момент передається від ротора до корпусу за рахунок «внутрішнього тертя» в силіконовому маслі.

Біметалева пружина, встановлена з зовнішнього боку корпусу муфти, переміщує пластину, відкриваючи й закриваючи впускні канали та регулюючи перетікання масла залежно від температури повітря.

Функціонування

Холодне повітря

При обертанні ротора його зуби через зворотні канали «відкачують» у передній резервуар масло з двох камер і заднього резервуара. В результаті його кількість у камерах падає, передача зусилля через рідину зменшується, і частота обертання вентилятора стає значно нижчою від частоти обертання ведучого ротора.

Тепле повітря

Відкриваються обидва впускні канали, після чого масло надходить в обидві робочих камери. Об'єм рідини в них і «тертя» максимальні, так що максимальна і передача обертання через муфту.

Примітка. Оскільки керування обертами відбувається за рахунок зміни об'єму силіконового масла в порожнинах муфти, то його витік неминуче веде до зниження швидкості обертання вентилятора і можливого перегріву двигуна.

Частина муфт ранньої конструкції не мала заднього резервуара. Оскільки після зупинки двигуна масло стікає в нижню частину муфти, то тут його рівень у камерах значно збільшувався. Відразу після запуску двигуна, коли «тертя» між ротором і пластинами досить велике, частота обертання вентилятора наростала надто сильно. За наявності заднього резервуара рівень рідини в камерах на заглушеному двигуні виявляється нижчим, а після запуску падає швидше – в результаті знижується рівень шуму від вентилятора.

Насос охолодної рідини забезпечує примусову циркуляцію рідини в системі охолодження. У деяких джерелах інформації насос охолодної рідини називають водяним насосом, що за своєю суттю не так. Вода як охолодна рідина вже давно не використовується.

Насос встановлюється, як правило, в передній частині двигуна і може мати два види приводу: механічний та електричний. Механічний привід виробляється від колінчастого або розподільного вала двигуна за

допомогою пасової передачі. Електричний привід передбачає установку електродвигуна з системою керування.

Як насос охолодної рідини використовуються насоси відцентрового типу. Конструкція такого насоса включає робоче колесо, посаджене на вал зі шківом і поміщене в корпус.

Будова насоса для циркуляції охолодної рідини наведена на (рис. 8.8).

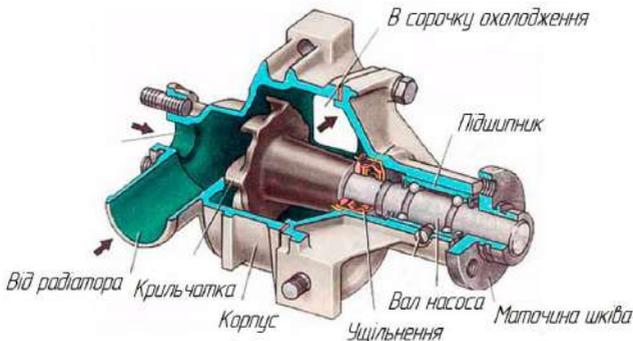


Рисунок 8.8 – Насос відцентровий

Корпус насоса виготовляється з чавуну або литого алюмінію. У корпусі виконані канали для підведення та відведення охолодної рідини до робочого колеса. Між корпусом насоса і блоком циліндрів двигуна встановлюється ущільнювальна прокладка, що оберігає від витоку охолодної рідини з насоса.

Робоче колесо (повсякденна назва – крильчатка) безпосередньо забезпечує циркуляцію охолодної рідини. Воно виконане у вигляді лопатей спеціальної форми. Робоче колесо монтується на приводному валу. Вал розташований у корпусі на підшипниках. З протилежного боку вала встановлений привідний шків.

Робота насоса охолодної рідини

При обертанні робочого колеса на вході насоса створюється розрядження, за рахунок якого охолодна рідина з радіатора надходить у насос. Рідина подається в центральну частину насоса, переміщається по

лопатях і викидається відцентровою силою на вихід з насоса і далі – в сорочку охолодження блока циліндрів.

У системі охолодження може встановлюватися два насоси охолодної рідини – основний і додатковий. Залежно від конструкції двигуна додатковий насос виконує одну з функцій:

- додаткове охолодження двигуна (експлуатація в країнах із жарким кліматом);
- забезпечення роботи автономного обігрівача, увімкненого в систему охолодження двигуна;
- охолодження відпрацьованих газів у системі рециркуляції відпрацьованих газів;
- охолодження турбонагнітача на двигунах із турбонаддуванням;
- прокачування охолодної рідини після вимкнення двигуна (для запобігання перегріву двигуна після зупинки).

Додатковий насос охолодної рідини має, як правило, електричний привід. Насос включений у систему керування двигуном, за необхідності вмикається (вимикається) за сигналом електронного блока.

На деяких двигунах концерну *Volkswagen* встановлюється вимкний насос охолодної рідини. Вимкний насос забезпечує швидкий прогрів двигуна при запуску через відключення подачі охолодної рідини до досягнення температури 30 °С. При цьому охолодна рідина постійно знаходиться в двигуні і прогрівається значно швидше. Крім прогріву, застосування вимкного насоса приводить до зниження витрати палива.

Припинення подачі охолодної рідини проводиться за допомогою кільцевої діафрагми (заслінки), яка перекриває шлях рідини, крильчатка при цьому продовжує обертатися. Діафрагма важелями з'єднана з мембраною, яка переміщається під дією розрядження. Порожнина перед діафрагмою з'єднана магістраллю з джерелом розрядження – впускним колектором.

Вакуумний канал перекриває регульовальний клапан, включений у систему керування двигуном. При його відкритті мембрана під дією розрядження переміщується, дезактивується робоче колесо насоса. При закритті клапана мембрана під дією пружини повертається на місце, а діафрагма звільняє крильчатку. Насос починає працювати.

Причини несправності водяного насоса

Основною причиною несправності водяного насоса є механічний знос тертьових частин: сальника, підшипників, вала, шківів. При протіканні сальника антифриз потрапляє на підшипники і за короткий час змиває з них масло, після чого вони ламаються та вал насоса заклинює.

Прискорюють знос насоса бруд і домішки, що потрапляють в антифриз. Вони можуть вивести з ладу не тільки тертьові пари, але і крильчатку.

Неякісний антифриз без антикорозійних присадок спричиняє окиснення металевих поверхонь і псує гумові прокладки та ущільнювачі.

Використання води замість антифризу спричиняє утворення накипу, який відкладається на частинах системи охолодження, в тому числі на водяному насосі. Сучасні автомобілі не розраховані на застосування води.

Швидкий знос підшипників може бути викликаний неправильним натягом шківів – занадто сильним (більше навантаження на одну сторону підшипника) або занадто слабким.

Кавітаційна ерозія – наслідок утворення бульбашок в охолодній рідині (низька якість, вироблення антиспінювальних присадок, низький рівень ОР у системі). Дрібні бульбашки з часом псують металеві поверхні, проробляючи в них круглі виїмки.

Профілактика несправностей

На термін служби насоса впливає:

- якість антифризу, своєчасна його заміна і контроль рівня. Це, мабуть, один із головних чинників нормальної роботи всієї системи охолодження: від сорочки двигуна до радіатора;
- чистота в системі охолодження. Відсутність твердих частинок і домішок сповільнить знос насоса;
- своєчасна заміна прокладок ущільнювачів патрубків, які псуються («дубіють» і тріскаються) під впливом охолодної рідини та високих температур.

Одним із найважчих наслідків несправності водяного насоса є закипання охолодної рідини і перегрів двигуна, особливо на спеці в пробках. Стоячи влітку в міських заторах, потрібно відстежувати

температуру мотора і не допускати критичного нагріву, а в далеких поїздках завжди мати запас антифризу для доливання.

Самодіагностика

Самодіагностика електронного регулювання системи охолодження двигуна вбудована в електронну систему двигуна.

Під наглядом самодіагностики знаходяться датчики, виконавчі пристрої та блок керування.

Якщо блок керування розпізнає несправність, за іншими вхідними сигналами розраховується резервна величина і вводиться аварійний режим роботи. Несправність заноситься в реєстратор несправностей.

Крім того, в блоці замірюваних параметрів, що використовується при пошуку несправностей, показуються заміряні показники.

Самодіагностикою виявляються такі несправності:

- відмова датчика температури охолоджуючої рідини (на виході з двигуна);
- відмова датчика температури охолодної рідини (на виході з радіатора);
- відмова обох датчиків температури охолодної рідини;
- несправність ступенів електровентиляторів;
- несправність кінцевого ступеня термостата.

Контрольні питання

1. Призначення і загальна будова системи охолодження двигуна.
2. Що таке термостат з електричним підігрівом?
3. Принцип роботи «термостата нового покоління».
4. Принцип роботи системи охолодження.
5. Муфта вентилятора. Принцип дії. Призначення.
6. Насос охолодної рідини.
7. Причини несправності насоса охолодної рідини.
8. Профілактика несправностей.
9. Самодіагностика системи охолодження.

Лабораторна робота 9

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ

Мета роботи – Вивчити конструкцію та порядок роботи сучасних систем запалювання ДВЗ.

Наочні посібники:

- мультимедійне забезпечення;
- вимірювально-діагностичне обладнання;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- визначити та класифікувати системи запалювання;
- вивчити складові частини систем запалювання бензинового двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), виділити складові компоненти, пристрої за механізми. Визначити їх призначення;
- уявити переваги особливостей сучасних систем запалювання;
- подати структурну схему системи запалення.

Теоретичні відомості. Сучасні автомобільні системи запалювання. Електронні та мікропроцесорні системи запалювання

Розглянуті раніше системи запалювання (КТСЗ, БТСЗ) сьогодні мають обмежене застосування, але в імпортованих легкових автомобілях високого споживчого класу взагалі не використовуються. Їм на зміну прийшли системи запалення четвертого покоління – це системи з електронно-обчислювальними пристроями керування без високовольтного розподільника енергії по свічках у вихідному каскаді. Такі системи прийнято поділяти на електронно-обчислювальні або просто на електронні (ЕСЗ) і мікропроцесорні (МСЗ). Електронні та

мікропроцесорні системи запалення мають три важливі відмінності від попередніх систем:

1). їх пристрої керування (VV) є електронно-обчислювальними блоками дискретного принципу дії, виконані із застосуванням мікроелектронної технології (на універсальних або великих інтегральних мікросхемах) і призначені для автоматичного керування моментом запалювання. Ці пристрої називаються контролерами;

2). застосування мікроелектронної технології, крім отримання переваг за надійністю, дозволяє значно розширити функції електронного керування. Стало можливим впровадження в автомобільну систему запалення бортової самодіагностики та принципів схемотехнічного резервування;

3). вихідні каскади цих систем у переважній більшості випадків багатоканальні і, як наслідок, не містять високовольтного розподільника запалювання.

Електронні та мікропроцесорні системи запалення відрізняються одна від одної способами формування основного сигналу запалювання, тобто того сигналу, що від ЕБУ подається на спусковий пристрій накопичувача.

В ЕСЗ основний сигнал запалювання формується із застосуванням час-імпульсного способу перетворення інформації від вхідних датчиків. Це коли контрольований процес задається часом його протікання, з подальшим перетворенням часу тривалість електричного імпульсу. Таким чином, ЕСЗ контролер містить електронний хронометр і керується аналоговими сигналами. Компонентний склад сучасної ЕСЗ показано на рис. 9.1 та 9.2.

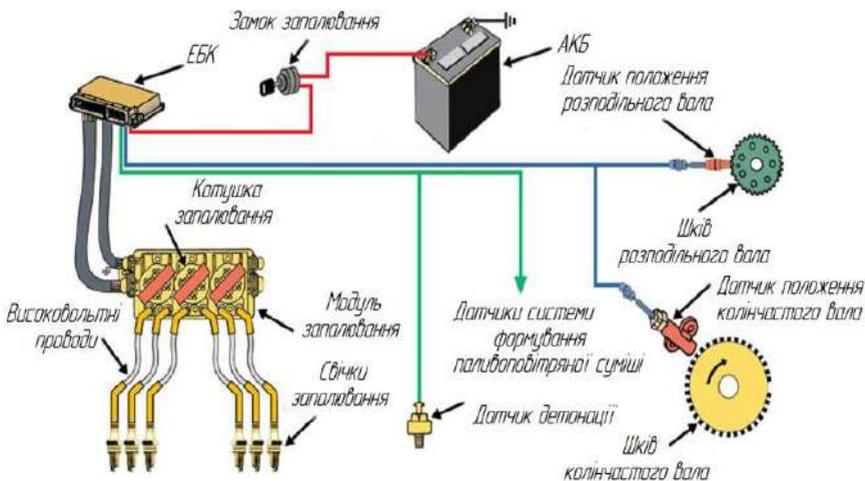


Рисунок 9.1 – Склад сучасної ЕСЗ

У МСЗ, структурну схему якої показано на рис. 9.2, для формування сигналу запалювання застосовується число-імпульсне перетворення, при якому параметр процесу задається не часом протікання, а безпосередньо числом електричних імпульсів.

Функції електронного обчислювача тут виконує число-імпульсний мікропроцесор, який працює від електричних імпульсів, стабілізованих за амплітудою та тривалістю (від цифрових сигналів). Тому між мікропроцесором і вхідними датчиками в ЕБК МСЗ встановлюються число-імпульсні перетворювачі аналогових сигналів у цифрові (ЧІПи).

На відміну від електронної, мікропроцесорна система запалювання працює за попередньо заданою для наданого двигуна внутрішнього згоряння програмою керування. Тому в обчислювачі мікропроцесорної системи запалювання є електронна пам'ять (постійна та оперативна).

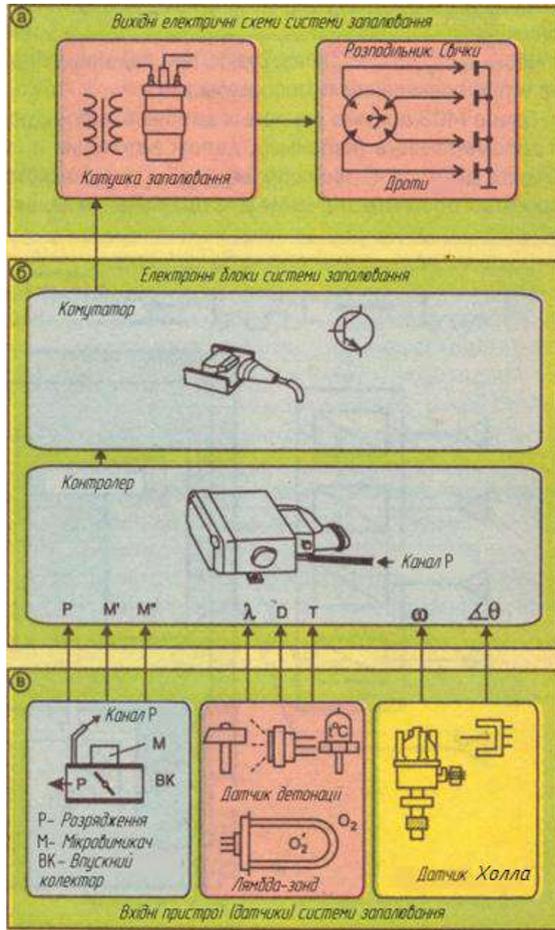


Рисунок 9.2 – Компоненти сучасної ЕСЗ:

а – вихідні електричні схеми; б – електронні блоки; в – вхідні пристрої (датчики);
 P, M', M'' – сигнали від датчиків дросельної заслінки; λ, D, T – сигнали від датчиків кисню, детонації, температури двигуна (відповідно); ω, P, θ – сигнали від датчика Хола

Програма керування конкретної конструкції двигуна визначається експериментально, при його розробці. На випробному стенді імітуються всі можливі режими двигуна за всіх можливих умов його роботи.

Для кожної експериментальної точки підбирається і реструється оптимальний кут випередження запалювання. Виходить набір численних значень кута моменту запалювання, кожне з яких відповідає точно певній сукупності сигналів від вхідних датчиків. Графічне зображення такої множини є тривимірною характеристикою запалювання, яку у вигляді матриці показано на рис. 9.3. Координати тривимірної характеристики зашиваються в постійну пам'ять мікропроцесора і надалі служать опорною інформацією для визначення кута випередження запалення в реальних умовах експлуатації двигуна на автомобілі. Зміна опорного (взятого з пам'яті) кута θ випередження запалювання здійснюється автоматично. Збільшення кута відбувається при підвищенні обертів, при зменшенні навантаження та при зниженні температури ДВЗ. Зменшення кута θ має місце зі збільшенням навантаження, при падінні обертів і підвищенні температури ДВЗ.

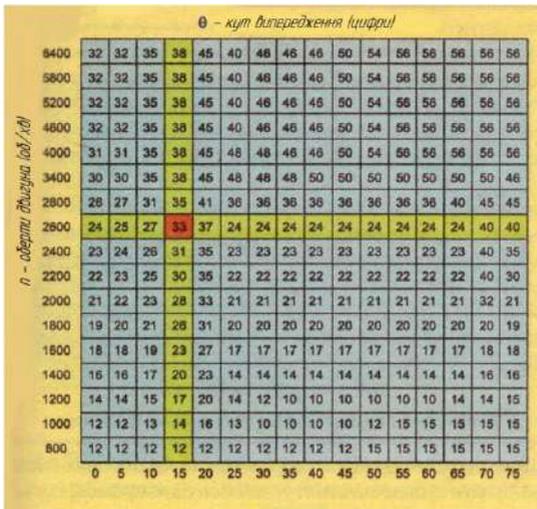


Рисунок 9.3 – Тривимірна характеристика запалювання у вигляді матриці

Якщо в МСЗ крім основних датчиків використовуються додаткові (наприклад, датчик детонації в циліндрах ДВЗ), то в мікропроцесорі здійснюється корекція опорного значення кута випередження запалювання за сигналами цих датчиків. При цьому коригування

проводиться за кожним циліндром окремо, крім функціональних і схемотехнічних, що мають важливі конструктивні відмінності.

Електронні блоки керування для ЕСЗ та МС

У ЕСЗ блок керування є самостійним конструктивним вузлом і називається контролером (рис. 9.4 та 9.5). На входи контролера подаються сигнали від вхідних датчиків запалювання, по виходу – контролер працює на електронний комутатор вихідного каскаду (рис. 9.4). Всі електронні схеми контролера низькорівневі (потенційні), що дозволяє включати їх до складу інших бортових електронних блоків керування (наприклад, ЕБК системи упорскування палива).

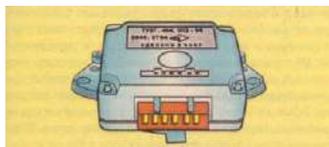


Рисунок 9.4 – Зовнішній вигляд мікроконтролера

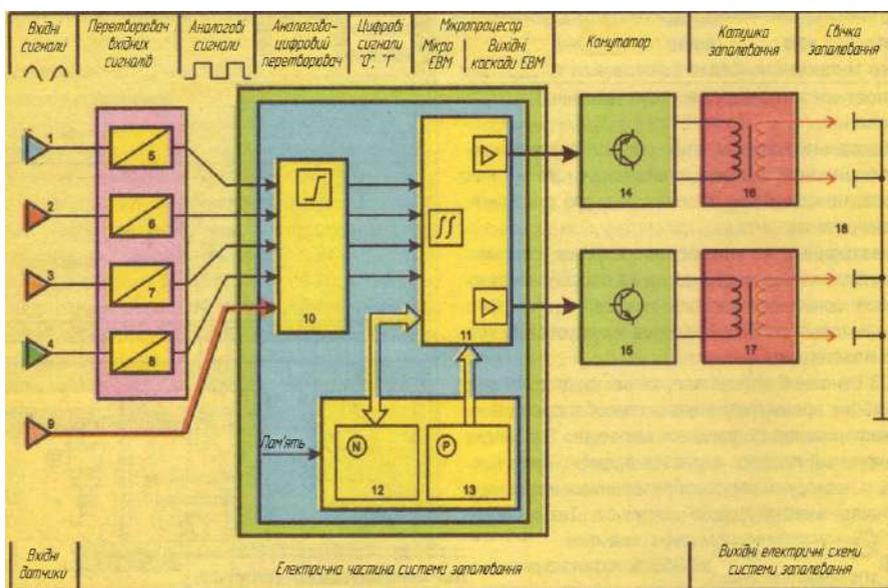


Рисунок 9.5 – Мікроконтролер у складі системи запалювання

У МСЗ всі функції керування інтегровані в центральний бортовий комп'ютер автомобіля, і персональний блок керування системи запалювання може бути відсутнім. Функції вхідних датчиків МСЗ виконують універсальні датчики комплексної системи автоматичного керування двигуном. Основний сигнал запалювання подається на електронний комутатор вихідного каскаду МСЗ безпосередньо від центрального бортового комп'ютера.

Незважаючи на значні відмінності електронних та мікропроцесорних систем запалювання, що до пристроїв керування вихідні каскади цих систем мають ідентичне схемотехнічне та конструктивне виконання, при якому кожна свічка запалювання на багатоциліндровому ДВЗ отримує енергію для іскроутворення окремим каналом. Такий розподіл називається статичним чи багатоканальним.

Необхідно зазначити, що крім звичайних недоліків механічного перемикача (низька надійність і мале напрацювання на відмову обертових і тертьових частин) класичний розподільник запалювання має також комутацію високовольної енергії, що реалізується в ньому через електричну іскру. Це, крім додаткових втрат енергії, призводить до нерівномірного вигорання контактів у ізоляційній кришці розподільника і, як наслідок, явища розкиду іскор по циліндрах і до низької функціональної надійності системи запалювання. Розкид іскор між виводами навіть справного механічного розподільника може досягати 2...3 кутових градусів за поворотом колінчастого вала ДВЗ.

Зрозуміло, що в електронних і особливо мікропроцесорних системах запалювання, високонадійних і високоточних у функціональному відношенні, формування моменту запалювання в яких реалізується з точністю 0,3...0,5° для кожного циліндра окремо, застосування високовольного механічного розподільника абсолютно неприпустимо. Тут прийнятні електронні способи перемикання каналів на низькопотенційному рівні безпосередньо в електронному блоці керування з подальшим статичним поділом каналів високої напруги на багато-вивідних або індивідуальних котушках запалювання. Це неминуче

призводить до багатоканальності вихідного каскаду системи запалювання.

Вихідні каскади з багатовивідними котушками запалювання

Реалізація багатоканального розподілу енергії може бути здійснена у системах запалювання декількома способами. Найпростіший із них – застосування двовивідного високовольтного вихідного трансформатора або двовивідної котушки запалювання у вихідному каскаді (рис. 9.6). Такий спосіб поділу каналів є прийнятним для реалізації в системі запалювання з будь-яким типом накопичувача.

Відомо, що в системі запалення, на виході якої встановлено високовольтний розподільник, під час розряду накопичувача мають місце дві іскри: одна основна (робоча) у свічці запалювання та інша допоміжна між бігунком розподільника і контактом одного з його свічкових виводів. Вторинна обмотка вихідного трансформатора (котушки запалювання) високовольтним вивідом з'єднана з центральним бігунком розподільника, а інший вивід обмотки є нульовим, оскільки під час розряду накопичувача з'єднується з масою автомобіля (рис. 9.7).

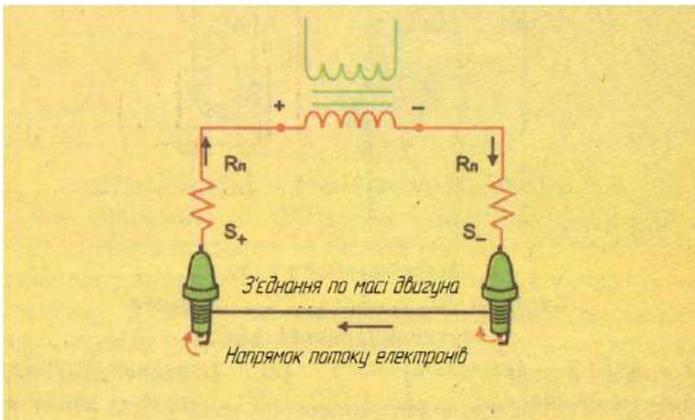


Рисунок 9.6 – З'єднання свічок запалювання з двовивідною котушкою

Енергія допоміжної іскри в розподільнику витрачається, і цю іскру прагнуть всіляко придушити. Звідси ясно, що допоміжну іскру з під кришки розподільника можна перенести у другу свічку запалювання, з'єднавши її з першою через масу головки блока циліндрів послідовно.

Для цього достатньо вимкнути розподільник із вихідного каскаду, від'єднати від маси автомобіля заземлюваний вивід котушки запалювання та підключити до нього другу електроіскрову свічку (рис. 9.7).

При одночасному іскроутворенні (рис. 9.8) у двох свічках запалювання одна іскра є високовольтною (12...20 кВ) і займає паливоповітряну суміш наприкінці такту стиснення (робоча іскра). При цьому інша іскра низьковольтна (5...7 кВ). Явище перерозподілу високої напруги від загальної вторинної обмотки між іскровими проміжками у двох свічках запалювання є наслідком глибоких відмінностей умов, за яких відбувається іскроутворення. Наприкінці такту стиснення, незадовго до появи робочої іскри, температура паливоповітряного заряду ще недостатньо висока (200...300 °С), а тиск, навпаки, – значний (1,0...1,2 МПа). У таких умовах пробивна напруга між електродами свічки – максимальна. В кінці такту випуску, коли є іскроутворення в середовищі відпрацьованих газів, пробивна напруга мінімальна, оскільки температура вихлопних газів висока (800...1000 °С), а тиск низький (0,2...0,3 МПа). Таким чином, при статичному розподілі високої напруги за допомогою двовивідної котушки запалювання (на двох послідовно з'єднаних свічках – одночасно) майже вся енергія високовольтного електроіскрового розряду припадає на робочу іскру.

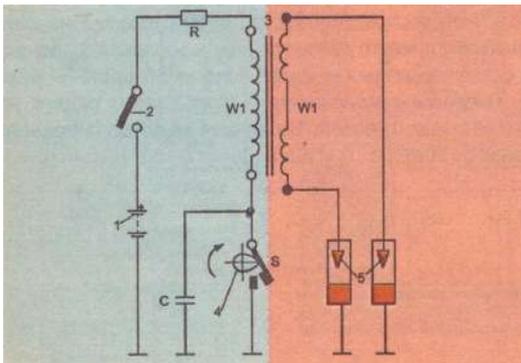


Рисунок 9.7 – Система запалювання для 4-х тактного двоциліндрового ДВЗ:

- 1 – АКБ; 2 – ключ запалювання; 3 – двовивідна котушка;
- 4 – механічний переривник; 5 – свічки; R – додатковий резистор;
- S – електромеханічні контакти переривника; C – конденсатор

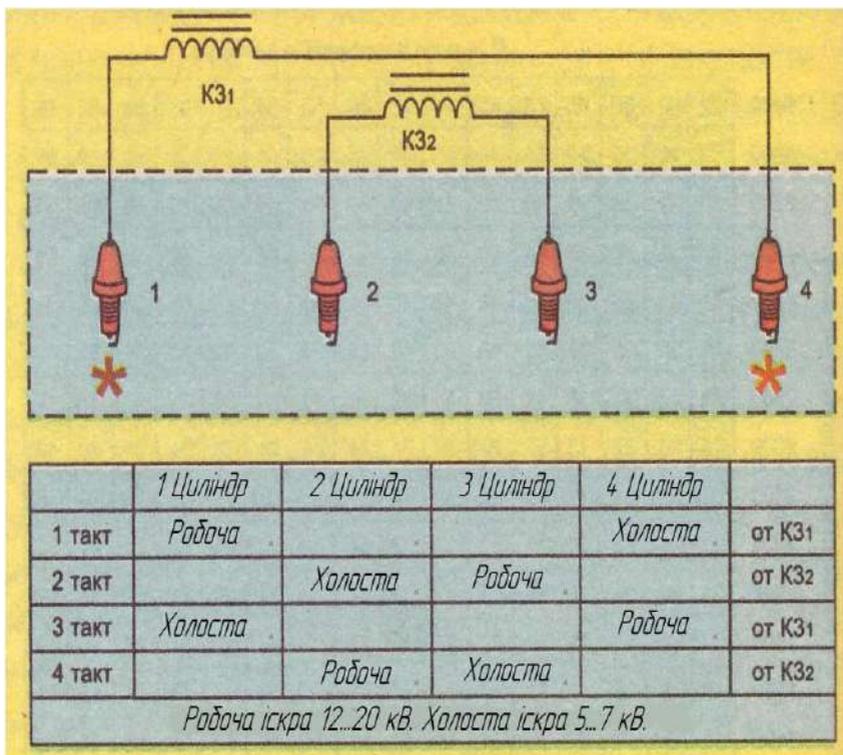


Рисунок 9.8 – Діаграма послідовності іскроутворення

Вперше двовивідну котушку було застосовано в контактній батарейній системі запалювання для двоциліндрового 4-тактного двигуна. Прикладом може бути система запалювання для двигуна польського автомобіля *FIAT-126P*. Аналогічну за принципом дії систему запалювання встановлено на автомобілі особо малого класу (з електронним керуванням).

Якщо в ДВЗ чотири циліндри, знадобляться дві двовивідні котушки запалювання і два роздільні енергетичні канали комутації у вихідному каскаді (див. рис. 9.8). На рис. 9.8 наведено діаграму послідовності іскроутворення в циліндрах 4-циліндрового чотиритактного двигуна,

оснащеного системою запалювання з двома двовивідними котушками запалювання. Для шестициліндрового двигуна знадобляться три двовивідні котушки запалювання і три енергетичні канали.

В цей час розроблено низку автомобільних систем запалювання, в яких дві двовивідні котушки запалювання складаються загалом. Наприклад, у загалом Ш-подібного магнітопроводу, і тим самим утворюється одна 4-вивідна котушка запалювання. Така котушка має дві первинні та дві вторинні обмотки і керується від двоканального комутатора. Чотирививідна котушка запалювання може мати й одну вторинну двовивідну обмотку при двох первинних. Вторинну обмотку такої котушки дообладнано чотирма високовольтними діодами – дві на кожний високовольтний вивід.

Недоліком будь-якої системи запалювання з двовивідними котушками є те, що в одній свічці іскра розвивається від центрального електрода до масового (бічного), а в другій свічці – у зворотному напрямку (див. рис. 9.8). Оскільки центральний електрод загострений і завжди значно гарячіший за бічний, то витікання носіїв заряду з його вістря та іскроутворення вимагає витрати меншої кількості енергії, ніж при закінченні з бічного електрода (на центральному електроді починає термоелектронна емісія). Це призводить до того, що пробивна напруга на свічці, що працює у прямому напрямку, стає дещо меншою (на 1,5...2 кВ), ніж на свічці зі зворотним вмиканням полярності. Для сучасних електронних і мікропроцесорних систем запалювання з великим коефіцієнтом запасу за вторинною напругою та з керованим часом накопичення енергії це має важливе значення.

Вихідні каскади з індивідуальним статичним розподілом

У сучасних електронних і мікропроцесорних системах запалювання широко використовуються вихідні каскади з індивідуальними котушками запалювання кожної свічки окремо. Прикладом може бути система запалення фірми *BOSCH*, інтегрована в електронну систему автоматичного керування (ЕСАУ) двигуном, яка відома за назвою *Motronic* (рис. 9.9).

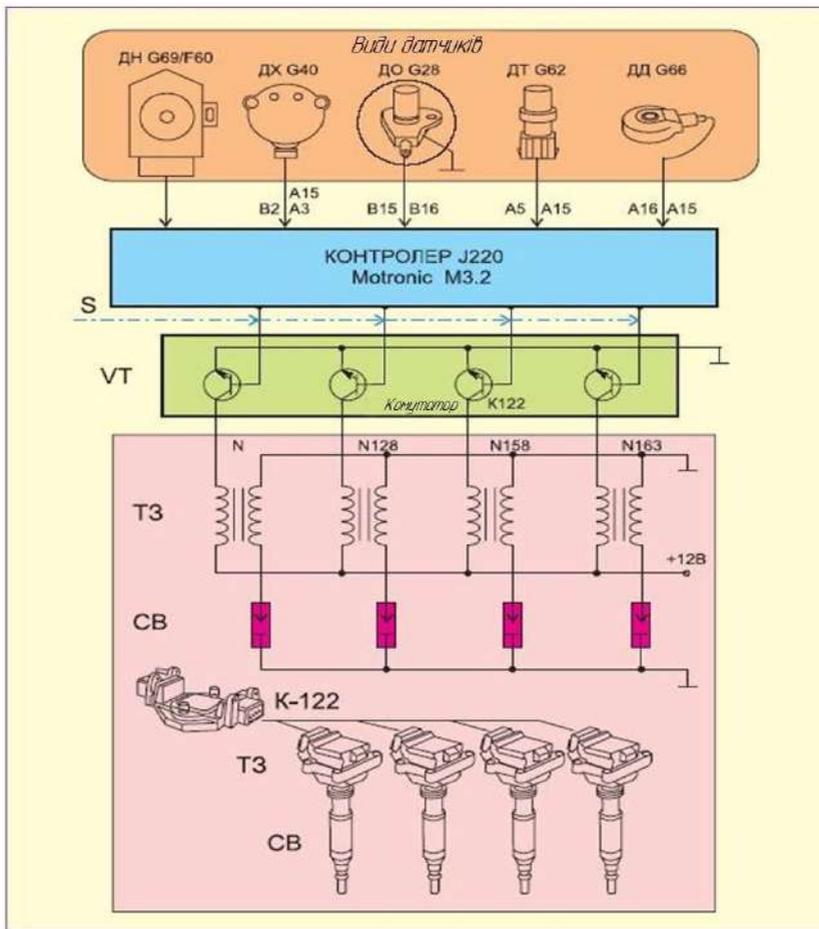


Рисунок 9.9 – Функціональна схема *ЕСAV Motronic M-3.2*:
 ДН – датчик навантаження ДВЗ (дросельний потенціометр);
 ДХ – датчик кута випередження запалювання (датчик Холла); ДО – датчик частоти обертання (магнітоелектричний датчик на колінвалу);
 ДП – датчик температури двигуна (термістор); ДД – датчик детонації (п'єзоелектричний); *S* – сигнал запалювання, по черзі подається на входи комутатора; *A, B* – контакти сполучного розніму; *VT* – силові транзистори комутатора; *N* – індуктивні накопичувачі; *TЗ* – трансформатори запалювання; *СЗ* – свічки запалювання

Така схема встановлювалася на чотирициліндрових двигунах автомобілів *AUDI-A4*.

У контролері *J220* є мікропроцесор із блоком пам'яті, в якому зберігається тривимірна характеристика запалювання. За цією характеристикою, а також сигналами датчика ДО *G-28* (датчик частоти обертання двигуна) і датчика ДН *G-69* (датчик навантаження двигуна) встановлюється початковий кут $Q = F(n)$ випередження запалювання. Далі за сигналами датчиків ДХ *G-40*, ДТ *G-62* та ДД *G-66* у цифровому мікропроцесорі проводиться обчислення поточного (необхідного для наданого режиму роботи ДВЗ) значення кута випередження запалювання, який за допомогою електронної схеми перемикання каналів подається у вигляді основного імпульсу S запалювання у відповідний канал електронного комутатора *K-122*. До цього часу в цьому каналі індуктивний накопичувач N знаходиться в зарядженому (від бортмережі +12 В) стані і за сигналом S розряджається на відповідну свічку запалювання. Через 180° повороту колінчастого вала описані процеси будуть в наступному (по порядку роботи двигуна) каналі комутатора.

Основні переваги системи запалювання, інтегрованої в *ЕСАУ Motronic*, полягають у такому:

- індивідуальний статичний розподіл високої напруги по свічках запалювання;
- котушки запалювання із заземленою вторинною обмоткою;
- всі вхідні датчики (датчик Холлу, датчик частоти обертання ДВЗ, датчик температури ДВЗ, датчики дросельної заслінки, датчик детонації)
- це формувачі електричних сигналів з неелектричних впливів безконтактного принципу дії. Аналогові сигнали від цих датчиків перетворюються в контролері на цифрові сигнали;
- селективна корекція кута випередження запалювання по детонації (у кожному циліндрі окремо);

- відключення циліндрів ДВЗ при перебогах в іскроутворенні (захист дорогих компонентів – кисневого датчика та каталітичного газонейтралізатора екологічної системи автомобіля від пошкоджень);
- наявність у контролері функцій самодіагностики та резервування.

Контрольні запитання

1. Сучасні автомобільні системи запалювання ДВЗ.
2. Склад сучасної ЕСЗ.
3. Компоненти сучасної ЕСЗ.
4. Як використовувати тривимірну характеристику запалювання у вигляді матриці?
5. Компоненти мікропроцесорного блока системи запалювання.
6. Поясніть з'єднання свічок запалювання з двовивідною котушкою, дайте визначення.
7. Поясніть принцип роботи функціональної схеми ЕСАУ *Motronic M-3,2*.
8. Переваги сучасних систем запалювання.
9. Чім відрізняються електронні та мікропроцесорні системи запалювання один від одного?
10. Як визначається програма керування конкретної конструкції ДВЗ?
11. Які використовуються датчики?
12. Куди інтегровані всі функції керування МСЗ?
13. При одночасному іскроутворенні у двох свічках запалювання одна іскра є високовольтною і займає паливоповітряну суміш наприкінці такту стиснення (робоча іскра), а інша іскра низьковольтна. Яка напруга подається на кожну з них?
14. Які переваги і недоліки використання двовивідної котушки запалювання?

Лабораторна робота 10 СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ДВЗ

Мета роботи – Вивчити конструкцію та порядок роботи сучасних систем живлення ДВЗ.

Наочні посібники:

- мультимедійне забезпечення;
- вимірювально-діагностичне обладнання;
- презентації;
- анімації роботи системи живлення
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- визначити та класифікувати системи живлення ДВЗ;
- вивчити складові частини систем живлення бензинового двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), виділити складові механізми і пристрої. Визначити їх призначення;
- подати структурні схеми системи живлення.

Основні положення

Система живлення бере безпосередню участь у перетворенні енергії, джерелом якої є вуглеводне паливо.

Для отримання теплової енергії в результаті окиснення (спалювання) палива потрібне своєчасне об'єднання двох компонентів – палива та повітря. Як паливо для автомобільних двигунів переважно використовують:

- природний газ метан CH_4 у стислому стані;
- скраплений газ, що складається з пропану C_3H_8 та бутану C_4H_{10} ;
- різні сорти бензину з фракціями пентану C_5H_{12} , бензолу C_6H_6 , гексану C_6H_{14} , гептану C_7H_{16} , октану C_8H_{18} ;
- дизельне паливо з фракціями цетану $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$, метилнафталіну $\text{C}_{11}\text{H}_{10}$.

Іноді використовують спільно газ і дизельне паливо (газодизелі).

Можливе використання альтернативних видів палива:

- спиртів: етанолу C_2H_5OH , метанолу CH_3OH ;
- біопалив на основі олій рослинного походження.

Найбільший інтерес становить водень, проте його використання стримують проблеми отримання та зберігання.

Таким чином, система живлення автомобільних двигунів внутрішнього згорання має складатися з підсистем, що забезпечують: відбір, очищення та подачу повітря; зберігання, очищення та подання палива; організацію робочої суміші та її дозування, а також виведення відпрацьованих газів.

Відбір та очищення повітря

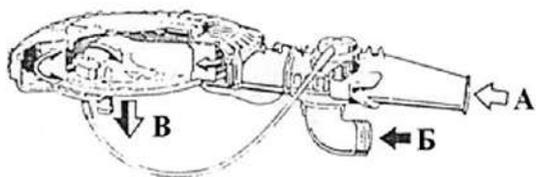
Повітря до системи живлення надходить через повітрязабірники. Залежно від призначення автомобілів повітрязабірники можуть розміщуватися на вході в підкапотний простір або у вигляді спеціального пристрою. Варіанти надходження повітря до системи живлення показані на рис. 10.1.

Повітря безпосередньо з атмосфери переміщається каналом А (рис. 10.1, а і б) або через зовнішній забірник 5 (рис. 10.1, в). Забирання повітря з підкапотного простору виконується каналом Б (рис. 10.1, а та б).

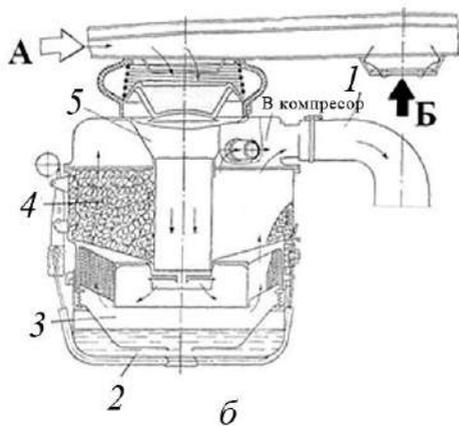
Надхідне повітря проходить очищення. Схему системи із попереднім очищенням повітря показано на рис. 10.1, в. При значній засміченості повітря спочатку надходить в ежектор 3, в якому виконується попереднє очищення від пилу та його видалення, потім у вихлопну трубу 6. Практичну реалізацію цієї схеми показано на рис. 10.2.

Згідно рис. 10.2, а після повітрязабірника повітря надходить на вхід 3 фільтра 2. Після попереднього очищення великі частинки пилу видаляються трубопроводом 7 в ежектор 8.

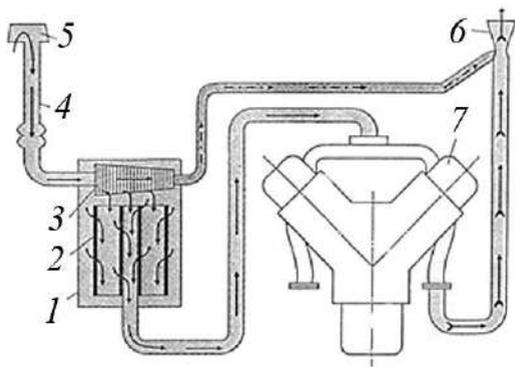
У місцевостях із високою запиленістю до фільтра приєднується попередній сепаратор. Він відокремлює грубу фракцію великого пилу і, таким чином, знижує зношування двигуна.



a



б



в

Рисунок 10.1 – Варіанти надходження повітря до системи живлення:
a – легкового автомобіля; *б* – вантажного; *в* – позашляховика

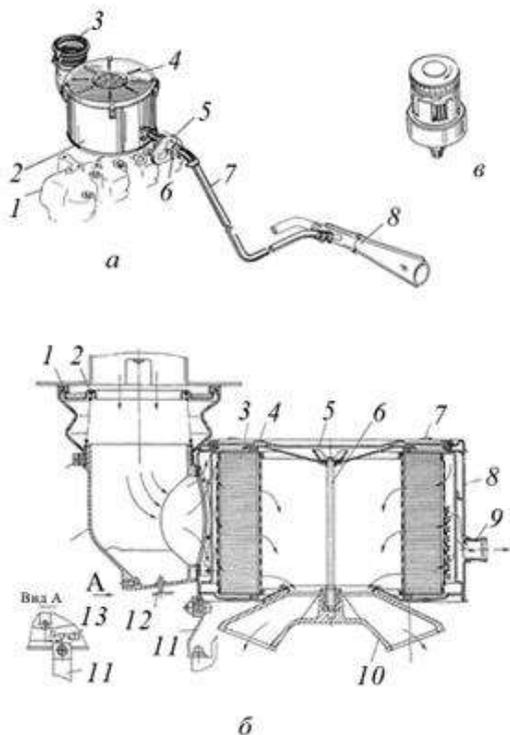


Рисунок 10.2 – Ежекторна система очищення повітря

Іноді використовується фільтр-циклон – багатолопатеий вінець, що вільно обертається. Повітря, що проходить через нього, завдяки спеціальній формі лопатей розкручує вінець, завихрюється, і відділення грубих частинок відбувається в результаті дії відцентрових сил. Найчастіше у таких системах застосовуються індикатор засміченості. Він встановлюється на впускному трубопроводі. При розрідженні 0,007 МПа в оглядовому вікні індикатора з'являється червона ділянка.

Основне очищення повітря виконується фільтрувальним елементом 3 (див. рис. 10.2, б). Повний модуль очищення повітря

системи живлення двигуна з упорскуванням бензину показано на рис. 10.3.

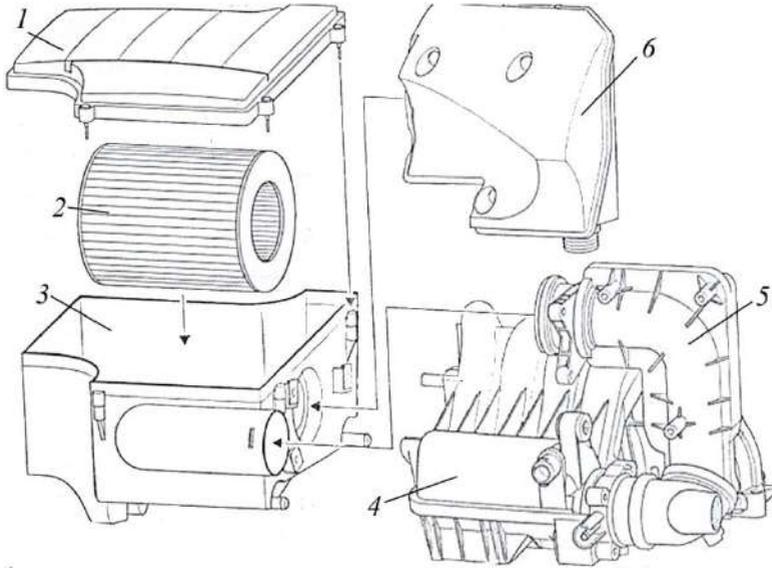


Рисунок 10.3 – Модуль очищення повітря:

1 – кришка; 2 – фільтрувальний елемент; 3 – корпус; 4 – модуль впуску;
5, 6 – підвідні патрубки

Між підвідними патрубками 5 і 6, а також модулем впуску 4 (див. рис. 10.3) розташований резонатор та акустична труба. За допомогою цієї комплексної системи можна узгоджувати окремі компоненти фільтра і виконувати вимоги щодо зниження рівня шуму. Однак прагнуть розділяти фільтрацію та резонатори шуму, що дозволяє зменшувати корпуси фільтрів, виконувати їх досить плоскими, зручними у розміщенні.

Для оптимального використання у компактному просторі моторного відсіку застосовуються фільтри конічної, овальної, східчастої або трапецієподібної форми.

Фільтр із пилозбірним циклоном наведено на рис. 10.4.

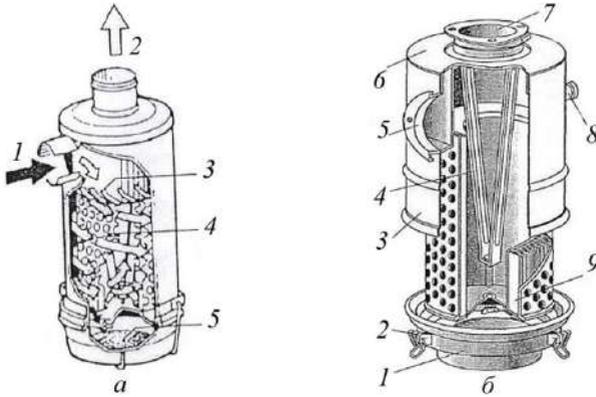


Рисунок 10.4 – Повітряний фільтр із паперовим фільтрувальним елементом та пилозбірним циклоном: *a* – циклон, *б* – фільтр

Вхід повітря в корпус *б* фільтра здійснюється каналами *1* і *5* відповідно (рис. 10.4, *a* і *б*). Вихід чистого повітря – каналами *2* і *7*. На рис. 10.4, *a* і *б* показано лопатки *3* фільтра – циклону, відстійник для пилу у кришці *5* і *1* (див. рис. 10.4, *б*). Відсмоктування пилу в ежектор відбувається по патрубку *8* (див. рис. 10.4, *б*). Фільтр *9* встановлюється в корпусі *б* і закривається герметично кришкою *1* за допомогою защелок *2*.

Пристрої очищення повітря з'єднуються із циліндром через трубопроводи. Розміщення та довжина каналів впускного трубопроводу впливає на наповнення циліндрів.

Робота всмоктування при впуску під час відкриття впускного клапана призводить до утворення хвилі протитиску. На відкритому розтрубі впускного трубопроводу ця хвиля тиску зустрічається з масою нерухомого навколишнього повітря, відбивається від неї і рухається до впускного трубопроводу. Виникаючі внаслідок цього коливання тиску у впускному трубопроводі можна використовувати для збільшення наповнення циліндрів зарядом свіжої суміші. Такий ефект динамічного наддування у впускному трубопроводі залежить від геометрії трубопроводу та частоти обертання колінчастого вала.

Варіанти динамічного наддування – інерційний і резонансний зазвичай покращують характеристику моменту в діапазоні низьких обертів двигуна. Для розширення діапазону використання динамічного наддування застосовують впускні трубопроводи зі змінною геометрією, коли, залежно від режиму роботи двигуна, можна виробляти:

- регулювання довжини резонаторних впускних трубопроводів;
- зміну довжини або діаметра резонаторних трубопроводів;
- відключення окремих трубопроводів на циліндр за системою трубопроводів до циліндра;
- зміну об'єму резонансних камер.

Механічне наддування повітря

При механічному наддуванні нагнітач повітря, незалежно від конструкції, приводиться в дію безпосередньо від вала двигуна. Нагнітачі (компресори) з механічним приводом можуть бути об'ємними нагнітачами різної конструкції: нагнітачі *Roots* (гвинтові), роторно-поршневі (рис. 10.5), поршневі, відцентрові, з ковзними лопатками, спіральні, хвильові.

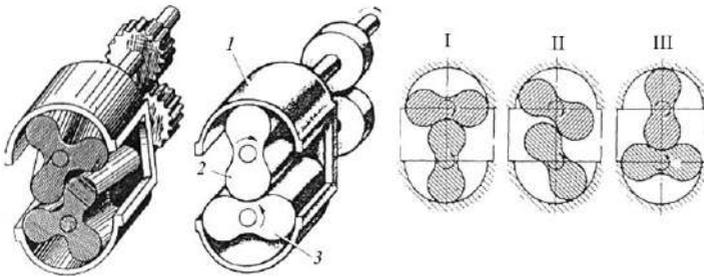


Рисунок 10.5 – Схема та принцип роботи роторно-гвинтових компресорів *Roots* (без стиснення повітря)

Турбокомпресорне наддування

Турбокомпресором може бути оснащений будь-який двигун внутрішнього згорання: дизельний, бензиновий або працюючий на газу.

За принципом наддування застосовують системи з постійним тиском та імпульсне наддування. За кількістю турбоагрегатів – з одним або

двома окремими турбоагрегатами. За конструкцією компресора – з радіальним чи аксіальним компресором або турбіною. Наддування може бути багатоступеневим, як правило двоступеневим із послідовним розташуванням низького тиску нагнітача, потім нагнітач високого тиску (понад 0,35 МПа).

Принцип роботи турбонагнітача з імпульсним тиском на вході в турбіну показано на рис. 10.6.

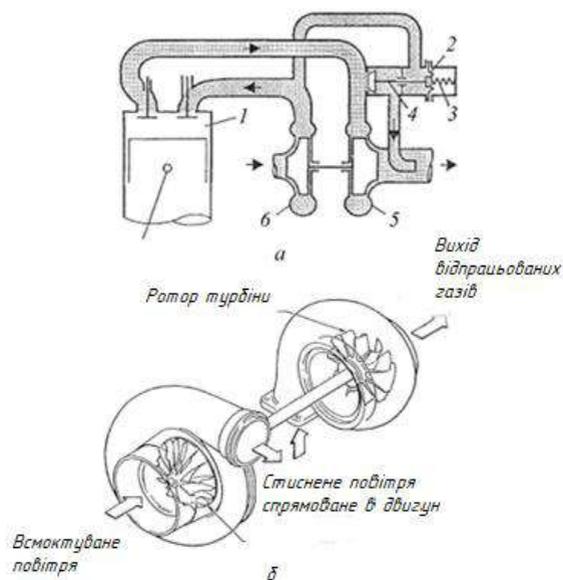


Рис. 10.6 – Принцип роботи турбонагнітача (турбокомпресора):

а – схема системи турбокомпресора; *б* – взаємодія складових частин турбокомпресора;

1 – циліндр двигуна; *2* – мембрана управління запобіжним клапаном; *3* – пружина запобіжного клапана; *4* – клапан; *5* – турбіна; *6* – компресор

Оскільки при стесненні компресором повітря нагрівається, його щільність знижується, і відповідно погіршеться наповнення циліндрів. Утановка після компресора охолоджувача нагнітного повітря в інтервалі

від 180 до 30–40 °С збільшує кількість кисню, що надходить у циліндри двигуна. Для проміжного охолодження повітря застосовують інтеркулер – переважно повітряно-рідинний охолоджувач.

Сумішоутворення

Головним завданням системи живлення є створення горючої суміші та керування її якістю та кількістю залежно від режиму роботи двигуна. Горюча суміш включає два компоненти: повітря і паливо. Однак через постійну наявність у цій суміші невеликої кількості відпрацьованих газів суміш прийнято називати робочою.

Система живлення з використанням газу

За будь-якої кількості рідкого газу в балоні тиск у ньому завжди дорівнюватиме тиску насичених парів палива для умов навколишнього середовища. Тиск насичених парів основних компонентів зрідженого нафтового газу (ЗНГ) пропану та бутану при зміні температури від –40 до +40 °С змінюється від 0,12 до 1,7 МПа та від 0,18 до 0,39 МПа відповідно.

У системі передбачається фільтр для уловлювання твердих частинок (окалини та ін.) і теплообмінник, що розміщується окремо або у спільному корпусі з редуктором. Для зрідженого газу теплообмінник є випарником на виході з балона, а для стисненого – обігрівачем.

Обогрівач необхідний у системі стисненого газу, оскільки різке зниження тиску в процесі його розширення на виході з балона призводить до значного зниження температури, і за наявності вологи в газі може спричинити до її замерзання та порушення нормальної роботи системи внаслідок закупорювання магістральних трубок льодом.

Для підігріву стисненого газу зазвичай використовують тепло відпрацьованих газів, що пропускаються через теплообмінний пристрій, а для підігріву зрідженого газу найчастіше використовують рідину із системи охолодження двигуна.

Автомобільні газобалонні установки завжди передбачають можливість живлення двигуна традиційним паливом (рис. 10.7).

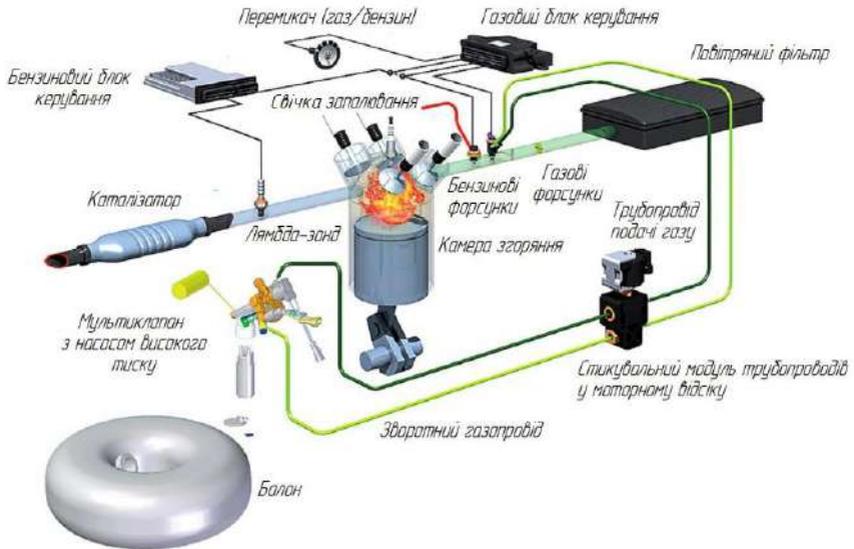


Рис. 10.7 – Система живлення комбінована

Бензинові системи

Від початку використання автомобільного двигуна з іскровим запалюванням (двигуна Отто) як паливо успішно застосовується бензин. Система живлення на бензині безперервно вдосконалюється. Тривалий період, аж до кінця ХХ століття, застосовувалися системи з використанням карбюратора (рис. 10.8, а). З розвитком і використанням на автомобілі електроніки виникла можливість успішного застосування різних систем упорскування з практично повним витісненням систем із карбюратором.

Системи упорскування (рис. 10.8, б–г) бензину класифікуються в такий спосіб.

За способом упорскування:

- з безперервним упорскуванням;
- з дискретним (циклічним) упорскуванням.

За місцем упорскування:

- у впускний трубопровід із центральним упорскуванням;

- у впускний трубопровід розподілений упорскування на вході в циліндри;
- розподілене упорскування безпосередньо в циліндр.

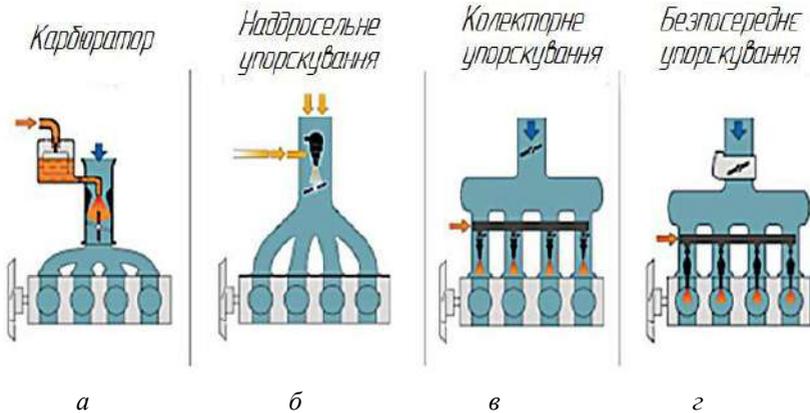


Рисунок 10.8 – Варіанти бензинової паливної системи

Зао моментом упорскування:

- узгоджене (синхронізоване);
- неузгоджене (асинхронне).

Безпосереднє упорскування палива (GDI)

Система передбачає подачу бензину окремими форсунками безпосередньо в камери згоряння кожного циліндра під високим тиском, куди одночасно подається повітря. Ця система упорскування забезпечує найбільш точну концентрацію паливоповітряної суміші, незалежно від режиму роботи двигуна. При цьому суміш згоряє практично повністю, завдяки чому зменшується об'єм шкідливих викидів у атмосферу.

Така система упорскування має складну конструкцію та сприйнятлива до якості палива, що робить її дорогою у виробництві й експлуатації. Оскільки форсунки працюють в агресивніших умовах, для коректної роботи такої системи необхідне забезпечення високого тиску палива, який має бути не менше ніж 5 МПа.

Конструктивно система безпосереднього впорскування включає:

паливний насос високого тиску; регулятор тиску палива; паливну рампу; запобіжний клапан (встановлений на паливній рампі для захисту елементів системи від підвищення тиску більшого за допустимий рівень); датчик високого тиску; форсунки.

Електронна система упорскування такого типу від компанії *Bosch* отримала назву *MED-Motronic* (див. рис. 10.9). Принцип її дії залежить від виду сумішоутворення:

- *пошарове* – реалізується на малих та середніх обертах двигуна. Повітря подається до камери згоряння на великій швидкості. Паливо впорскується до свічки запалювання і, змішуючись на цьому шляху з повітрям, спалахує;

- *стехіометричне*. При натисканні на педаль газу відбувається відкриття дросельної заслінки та здійснюється упорскування палива одночасно з подачею повітря, після чого суміш спалахує і повністю згорає;

- *гомогенне*. У циліндрах провокується інтенсивний рух повітря, при цьому на такті впуску відбувається упорскування бензину.

Їх принцип дії заснований на тому, що паливо за допомогою інжектора розпорошується прямо в циліндр двигуна. Це важливо для досягнення паливної ефективності.

При цьому:

- поршневий насос подає паливо до рампи, з'єднаної з форсунками;
- паливний регулятор тиску підтримує стабільний робочий тиск у паливній рампі. Паливна рампа – тут безпосередньо відбувається процес розподілу палива за форсунками;
- запобіжний клапан захищає рампу від граничного тиску;
- датчик високого тиску вимірює тиск у рампі, подає сигнал блоку керування двигуна на корекцію тиску.

Координація взаємодії вузлів здійснюється за допомогою електронної системи керування двигуном, яка вводить команди на виконавчі пристрої електронного блока керування.

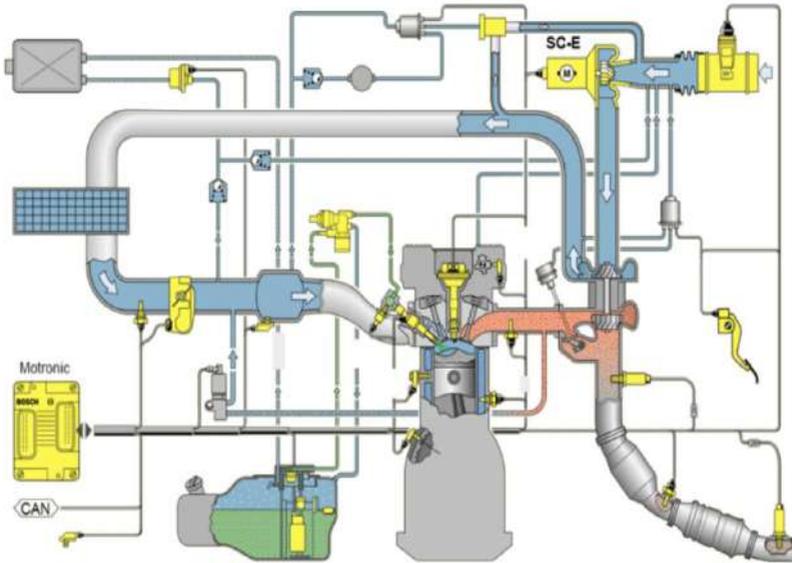


Рисунок 10.9 – Система живлення з безпосереднім упорскуванням

Система живлення дизельних двигунів

Спочатку дизельні двигуни здебільшого застосовувалися на вантажних автомобілях. Однак надалі, з цілої низки причин, розпочалося активне використання дизельних двигунів на легкових автомобілях. Відмінності у напрямках розвитку дизельних двигунів для вантажних автомобілів, автобусів і легкових автомобілів повною мірою відбилися на конструкції системи живлення. Розвиток системи живлення потужних дизельних двигунів більш консервативний порівняно з системами живлення швидкохідних дизельних двигунів для легкових автомобілів.

Класичний варіант цієї системи успішно використовується на двигунах середньої та великої потужності для вантажних автомобілів, а також на ряді двигунів легкових автомобілів. Основним вузлом у цій системі живлення є рядний паливний насос високого тиску (ПНВТ), який

подає під тиском паливо до форсунок циліндрів двигуна. Паливо до ПНВТ надходить із бака через фільтр за допомогою паливопідкачувального насоса.

Рядні ПНВТ успішно працюють у діапазоні вихідного тиску до форсунок у межах 20–60 МПа.

Для прискорення (покращення) сумішоутворення необхідне збільшення тиску впорскування. Для цієї мети застосовують:

- розподільні ПНВТ з осьовим переміщенням плунжера (тиск до 70 МПа);

- розподільні ПНВТ із радіальним переміщенням плунжерів (тиск до 120 МПа);

- акумуляторну систему *Common Rail* (тиск до 140 МПа);

- індивідуальний ПНВТ (тиск до 160 МПа);

- насос-форсунку (тиск понад 180 МПа).

Однією з таких високорозвинених систем упорскування є акумуляторна система *Common Rail (CR)*, основною перевагою якої є широкий діапазон змін тиску палива та моменту початку упорскування. Цей принцип у системі *CR* реалізується поділом створення тиску та забезпечення упорскування.

Система *CR* використовується на дизельних двигунах із безпосереднім упорскуванням палива. Система *CR* дозволяє забезпечити ширші, на відміну від ПНВТ з механічним приводом, вимоги до впорскування. Конструкція системи *CR* (рис. 10.10) складається з такого:

- контуру низького тиску з агрегатами подачі палива;

- контуру високого тиску, включаючи ПНВТ, паливний акумулятор високого тиску, форсунки та магістралі високого тиску;

- системи електронного регулювання роботи дизеля.

У системі *CR* процеси створення високого тиску та упорскування розділені. Система електронного регулювання роздільно керує роботою всіх вузлів (рис. 10.10).

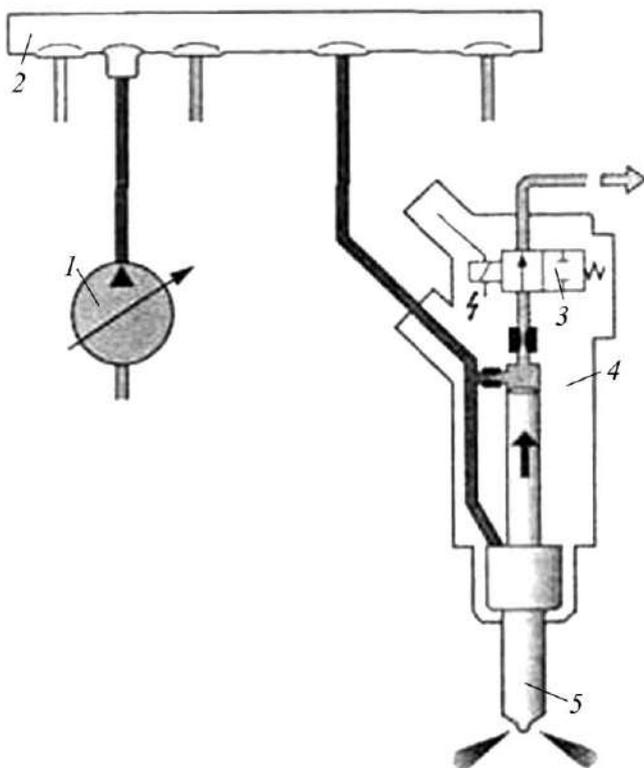


Рисунок 10.10 – Принципова схема системи *Common Rail*:

1 – автономний ПНВТ; 2 – акумулятор тиску; 3 – електромагнітний клапан високого тиску; 4 – форсунка; 5 – розпилювач форсунки

Тиск у системі *CR* створюється та регулюється незалежно від частоти обертання вала двигуна та циклової подачі палива. Він підтримується в акумуляторі для подальшого впорскування. Схеми системи *CR* показано на рис. 10.11. До складу системи входять основні складові (рис. 10.11, *a*): 1 – датчик масової витрати повітря; 2 – блок керування; 3 – ПНВТ; 4 – акумулятор високого тиску (*Rail*); 5 – форсунки; 6 – датчик частоти обертання колінвала; 7 – датчик температури охолодної рідини; 8 – паливний фільтр; 9 – датчик положення педалі.

У контурі високого тиску (рис. 10.11, б) розташовано: 1 – ПНВТ; 2 – клапан відключення плунжерної секції; 3 – клапан регулювання тиску; 4 – магістраль високого тиску; 5 – акумулятор високого тиску; 6 – датчик тиску палива; 7 – клапан обмеження тиску (перепускний клапан); 8 – обмежувач пропускної здатності; 9 – форсунка; 10 – блок керування.

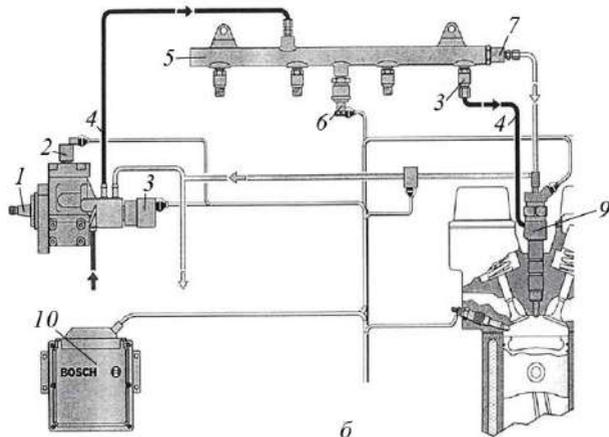
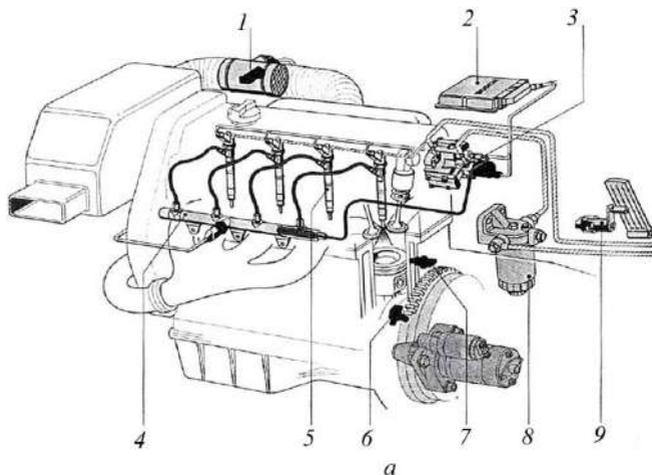


Рисунок 10.11 – Схеми системи упорскування *Common Rail*:
 а – розташування на двигуні; б – контур високого тиску системи

ПНВТ системи CR позбавлений розподільних функцій і служить тільки для створення резерву палива та швидкого підвищення тиску в паливному акумуляторі. Він створює постійний тиск для акумулятора до 160 МПа.

У системах CR легкових автомобілів використовується плунжерний радіальний ПНВТ (рис. 10.12). Три плунжери насоса забезпечують рівномірне навантаження на вал приводу насоса.

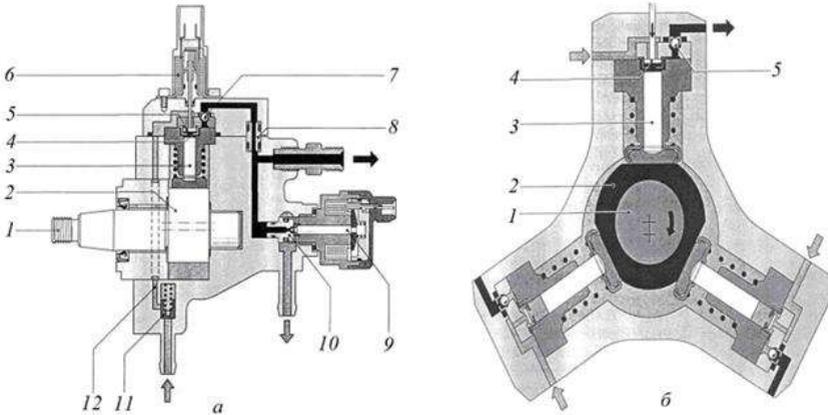


Рисунок 10.12 – Конструкція ПНВТ системи CR:

a – поздовжній розріз; *б* – поперечний розріз

На вхід 13 ПНВТ паливо надходить від паливопідкачувального насоса з тиском 0,05–0,15 МПа через фільтр. Тиск входу визначається опором клапана 14 (див. рис. 10.12, *a*). На виході з секцій насоса розміщені випускні клапани 7. При зменшенні подачі палива вимикається одна з секцій насоса електромагнітним клапаном 6 і клапаном впуску 5.

Клапан регулювання тиску 10 встановлює величину тиску акумулятора залежно від навантаження на двигун. Клапан регулювання тиску має два контури:

- повільний (електричний) контур регулює середню змінну величину тиску в акумуляторі;
- швидкий (гідромеханічний) контур вирівнює високочастотні коливання тиску.

Акумулятор високого тиску переважно у вигляді трубопроводу з чималим обсягом палива.

Форсунок системи *CR* сполучаються з акумулятором короткими магістралями високого тиску.

Форсунка системи *CR* (рис. 10.13 та рис. 10.14) складається з таких функціональних блоків: безштифтового розпилювача; гідравлічної сервосистеми; електромагнітного клапана або п'єзоелемента. Паливо на вхід 9 (рис. 10.13, *а*) надходить від акумулятора.

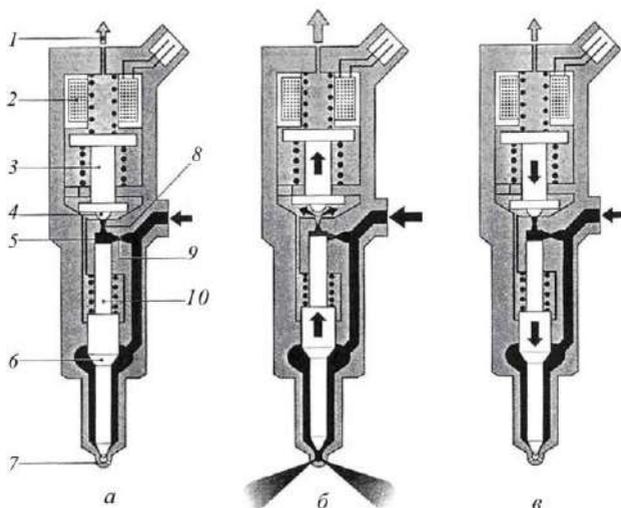


Рисунок 10.13 – Принцип дії форсунок системи *CR*: *а* – вихідне положення; *б* – упорскування; *в* – припинення упорскування

Потім паливо під тиском надходить до розпилювача *б* і через дросель *10* у порожнину *5* керуючого клапана. Через дросельний отвір відведення *8* палива, яке може відкриватися електромагнітним клапаном, порожнина *5* з'єднується з магістраллю *1* зливу палива.

При закритому дросельному отворі *8* (див. рис. 10.13, *а*) тиск зверху на поршень *11* керуючого клапана створює силу, яка перевищує силу, що діє на голку знизу розпилювача. Розпилювач надійно закритий.

При відкритті кулькового клапана *4* тиск у порожнині *5* знижується та розпилювач відкривається (див. рис. 10.13, *б*).

Закриття клапана 4 відключає форсунку. Отже, цикл роботи форсунки можна розділити на чотири процеси:

- форсунка закрита (з подачею на вхід високого тиску);
- форсунка відкривається (початок упорскування);
- форсунка повністю відкрита;
- форсунка закривається (кінець упорскування).

Конструкцію форсунок системи *CR* показано на рис. 10.14. Позиціями на рис. 10.14, *a* позначені: 1 – магістраль зливу палива; 2 – електрорознім; 3 – електромагнітний клапан; 4 – магістраль високого тиску; 5 – кульковий клапан; 6 – дросельний отвір відведення палива; 7 – дросельний отвір подачі палива; 8 – порожнина керуючого клапана; 9 – поршень керуючого клапана; 10 – канал підведення палива до розпилювача; 11 – голка розпилювача.

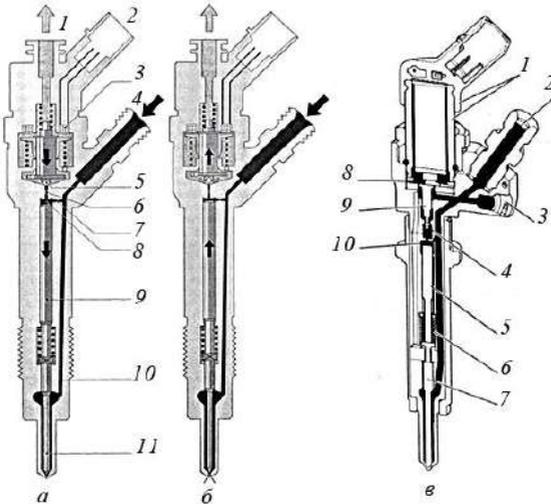


Рисунок 10.14 – Конструкція форсунки системи *Common Rail*:
a – форсунка закрита; *б* – форсунка відкрита; *в* – п’єзофорсунка

На рис. 10.14 п’єзофорсунка включає: 1 – п’єзоактуатор; 2 – підведення палива під високим тиском; 3 – зливний канал; 4 – керуючий клапан; 5 – поршень мультиплікатора; 6 – пружину

форсунки; 7 – голку розпилювача; 8 – керуючу порожнину; 9 – штовхач керуючого клапана; 10 – важіль приводу керуючого клапана.

П'єзофорсунка спрацьовує вдвічі швидше за електромагнітний клапан. Час її спрацьовування менше 0,001 с завдяки п'єзоактюатору, що складається з безлічі п'єзопластинок, розташованих якомога ближче до розпилювача. Пластинки п'єзоактюатора – керамічний твердий розчин титанату-цирконату свинцю.

При подачі імпульсу напруги до п'єзоактюатора він розширюється і діє проти тиску палива, притискаючи голку до сидла розпилювача. Під час зняття напруги розпилювач відкривається.

П'єзо ефект дозволяє розділити одиночний цикл упорскування на кілька (до семи і більше окремих доз із високою точністю подачі).

Випуск, використання та очищення відпрацьованих газів

Основним завданням системи випуску є ефективне відведення відпрацьованих газів із циліндрів двигуна, зниження їх токсичності та рівня шуму. Будова стандартної вихлопної системи залежить від виду палива, що використовується, а також від застосовуваних екологічних стандартів. Вихлопна система (рис. 10.15) може складатися з таких елементів.

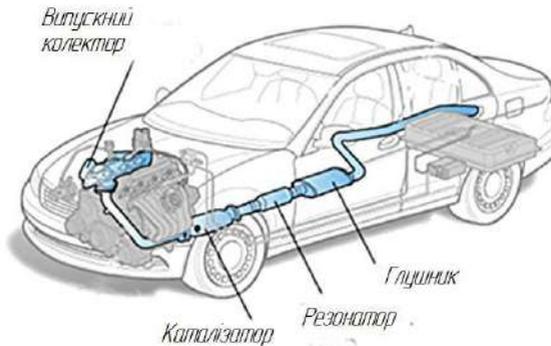


Рисунок 10.15 – Розташування системи випуску відпрацьованих газів

Випускний колектор – виконує функцію відведення газів та охолодження (продування) циліндрів двигуна. Він виконується з

термостійких матеріалів, оскільки температура вихлопних газів у середньому варіюється від 700 до 1000 °С;

Приймальна труба – це труба складної форми з фланцями для кріплення до колектора або турбоагнітач.

Каталітичний нейтралізатор (встановлюється в бензинових двигунах екологічного стандарту Євро-2 і вище) усуває з відпрацьованих газів найбільш шкідливі компоненти CH , NO_x , CO , перетворюючи їх у водяну пару, вуглекислий газ та азот.

Полум'ягасник встановлюється в системах випуску автомобілів замість каталізатора або сажового фільтра (як бюджетна заміна). Він призначений для зниження енергії та температури потоку газів, що виходять із випускного колектора. На відміну від каталізатора, не знижує кількість токсичних компонентів у відпрацьованих газах, а лише знижує навантаження на глушники.

Лямбда-зонд служить для контролю рівня кисню у складі відпрацьованих газів. У системі може бути один або два кисневі датчики. На сучасних двигунах (рядних) із каталізатором встановлюється два датчика.

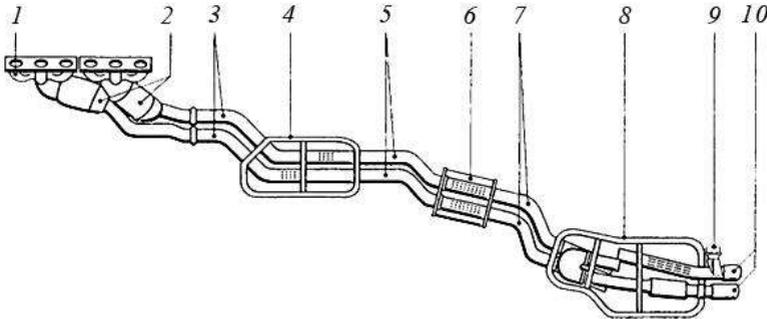


Рисунок 10.16 – Система випуску відпрацьованих газів: 1 – випускний колектор; 2 – каталітичний нейтралізатор; 3 – передня труба; 4 – передній глушник; 5 – проміжна труба, 6 – центральний глушник; 7 – проміжна труба; 8 – задній глушник; 9 – кронштейн; 10 – наконечники

Сажовий фільтр (обов'язкова частина системи дизельного двигуна) видаляє сажу з вихлопних газів. Може поєднувати функції каталізатора.

Резонатор (попередній глушник) та основний глушник знижують рівень шуму вихлопних газів.

Трубопроводи з'єднують окремі елементи автомобільної вихлопної системи в єдину систему. Варіант системи наведено на рис. 10.16.

Система випуску газів, що відпрацювали, повинна забезпечувати допустиму шумність і, по можливості, зменшення викидів. Варіанти традиційних систем випуску наведено на рис. 10.17.

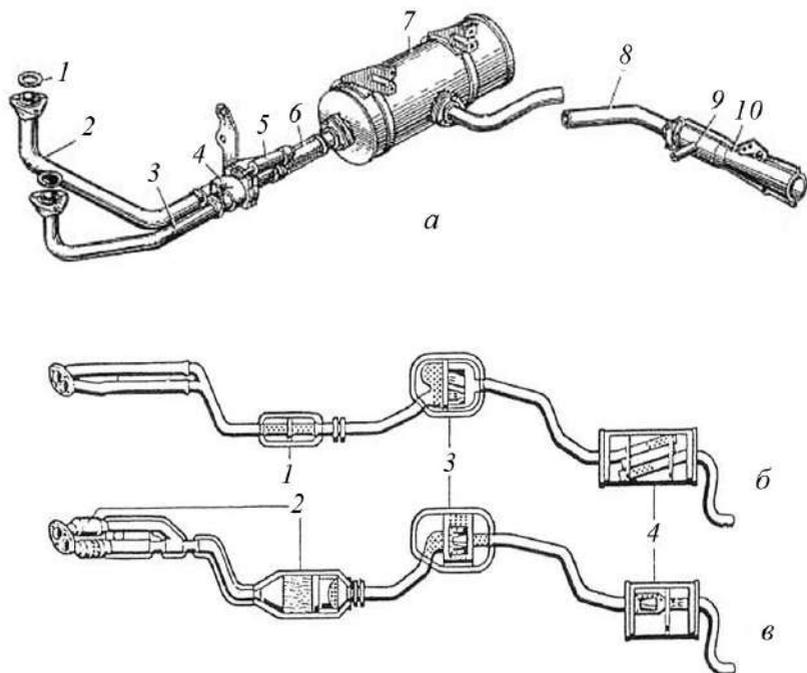


Рисунок 10.17 – Системи випуску відпрацьованих газів:
 а – вантажного автомобіля; б і в – легкового автомобіля

Зокрема, у систему (див. рис. 10.17, а) входять: 1 – кільце ущільнювача; 2, 3 – приймальні труби; 4, 5 – механізм моторного (допоміжного) гальма; 6 – гнучкий металевий рукав; 7 – глушник; 8 – випускна труба; 9 – патрубок ежектора; 10 – ежектор.

У системі випуску легкового автомобіля (див. рис. 10.17, б) розташовані: 1 – передній глушник; 3 – центральний глушник; 4 – задній глушник; встановлено каталітичний нейтралізатор 2.

Рівень шуму випуску знижують за допомогою глушника. За принципом дії глушники поділяються на активні (рис. 10.18, а, б) і реактивні (рис. 10.18, в, з).

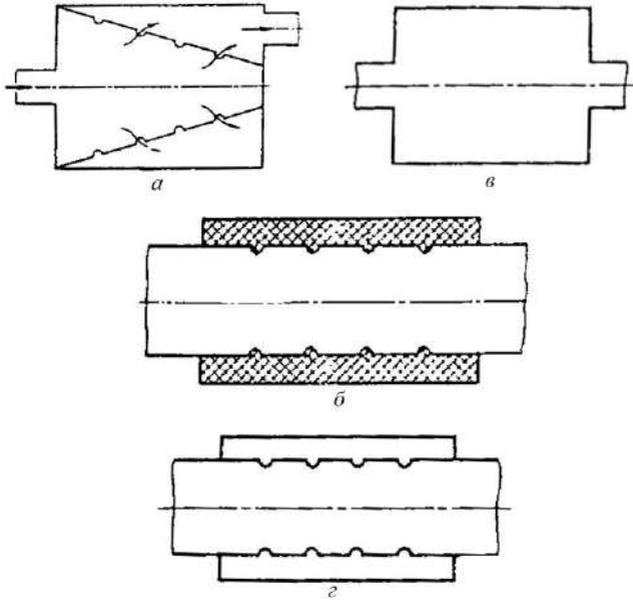


Рисунок 10.18 – Схеми глушника:

а – активного з перфорованим конусом; б – активного зі звукопоглинаючим матеріалом; в – реактивного з розширювальною камерою; з – реактивного з резонансними камерами

Для зниження окремих спектральних складових частот використовують пристрої, що задають акустичні параметри глушників: гелмгольцевий резонатор, перфоровані трубки, сопла Вентурі.

Крім шуму відпрацьовані гази містять шкідливі речовини, продукти неповного згоряння: оксид вуглецю; сажу CO_2 ; вуглеводні CH ; оксиди азоту NO_x ; діоксид сірки SO_2 (дизельних двигунів). Двоокис азоту

розкладається в оксид азоту та молекулярний кисень, який у повітрі перетворюється на озон O_3 , і є шкідливий при великих концентраціях.

Для зниження рівня утворення NO_x використовують *рециркуляцію відпрацьованих газів*. Рециркуляція ґрунтується на зниженні концентрації кисню в камері згоряння; скороченні витрати відпрацьованих газів; зниженні температури в циліндрі завдяки вищій теплоємності інертних газів. З цією метою відпрацьовані гази в кількості до 10 % об'єму свіжого заряду відбираються з випускного трубопроводу, охолоджуються та прямують у впускну систему.

Для зниження концентрації токсичних речовин у випускному трубопроводі встановлюють очисники та нейтралізатори. У термічних і каталітичних нейтралізаторах відбуваються хімічні реакції. Механічні очисники застосовуються для очищення відпрацьованих газів від механічних частинок (сажі). Використовуються рідко переважно на потужних дизельних двигунах. Для видалення з відпрацьованих газів дизелів твердих частинок встановлюють фільтри сажі: з металевими, керамічними та іншими фільтрувальними елементами. Фільтр із керамічними елементами має канали з чергуванням відкритих і закритих каналів (рис. 10.19).

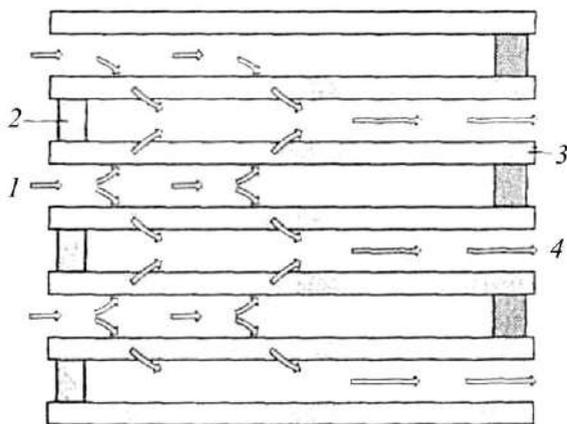


Рисунок 10.19 – Принцип дії керамічного фільтра сажі:

1 – вхід газів; 2 – керамічна трубка; 3 – розділова перегородка;

4 – вихід газів

Регенерація (відновлення, очищення) цього фільтра може виконуватись термічним або хімічним способом. Варіанти конструкції фільтрів наведено на рис. 10.20.

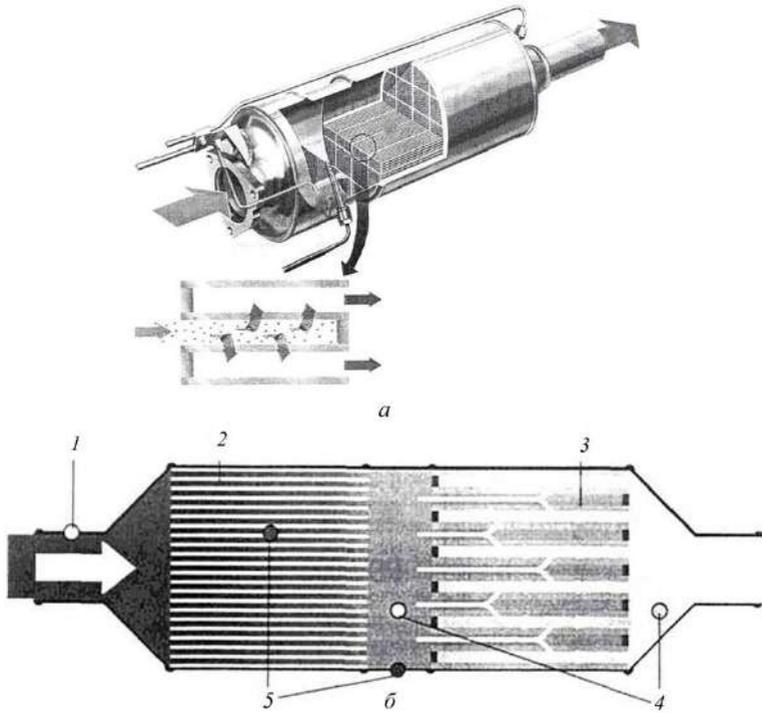


Рисунок 10.20 – Конструкції фільтрів

- a* – фільтр очищення сажі: 1 – вхід; 2 – фільтрувальний елемент; 3 – датчик тиску;
- 4 – датчик температури; 5 – вихід; б – комбінований фільтр: 1 – датчик кисню;
- 2 – окисний нейтралізатор; 3 – фільтр частинок сажі; 4 – датчик тиску;
- 5 – датчик температури

Термічний нейтралізатор (рис. 10.21) є камерою згоряння, розміщеною у випускному трубопроводі для спалювання СН та СО. Він складається з корпусу з підвідними патрубками і жарових труб-вставок.

У каталітичних окисних нейтралізаторах досягається висока швидкість окиснення. Для збільшення сумарної площі поверхні

катализатор наноситься на поверхню керамічного наповнювача. У нейтралізаторах для двигунів легкових автомобілів застосовується платина та паладій. Конструкцію комбінованого каталітичного нейтралізатора з керамічним наповнювачем показано на рис. 10.22, *а*.

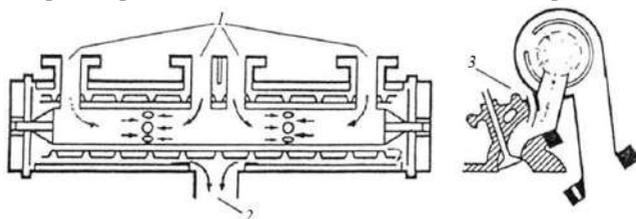


Рисунок 10.21 – Термічний нейтралізатор-дожигатель:
 1 – випускні патрубки двигуна; 2 – вихід газів; 3 – подача повітря

У конструкції нейтралізатора в камері відновлення NO_x 3 (рис. 10.22, *а*) наповнювач розділений перегородками 1. Для забезпечення процесу окиснення до патрубку 4 підведено повітря. У камері 5 відбувається окиснення CH та CO .

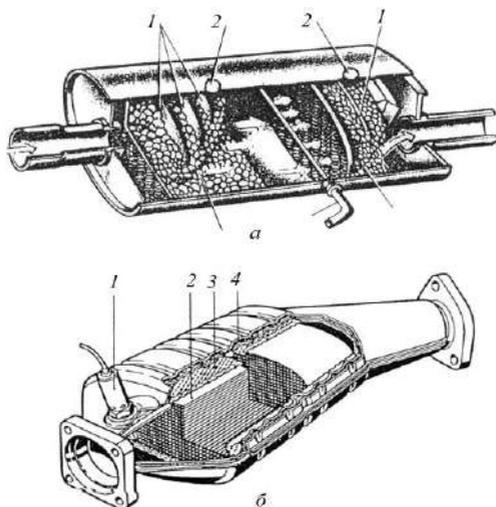


Рисунок 10.22 – Конструкція каталітичних нейтралізаторів:
 а – комбінований каталітичний нейтралізатор; б – двошаровий трикомпонентний каталізатор

У конструкції нейтралізатора (див. рис. 10.22, б) розташовані: 1 – датчик кисню; 2 – монолітний керамічний пористий моноблок із покриттям платиною або паладієм; 3 – монтажний елемент (сітка); 4 – теплоізоляція.

Каталітичні нейтралізатори із відновним середовищем використовують у системах для зменшення викидів оксидів азоту. Каталітичний нейтралізатор із відновним середовищем доцільно застосовувати у комбінації з окисним каталітичним нейтралізатором для окиснення CH та CO .

Якщо нейтралізатор знижує токсичність трьох складових: CH , CO та NO_x , то такі нейтралізатори називаються трикомпонентними. Можливі також комбінації термічного та каталітичного нейтралізаторів у двох варіантах: 1) першим встановлюється каталітичний для нейтралізації NO_x , а другий – термічний для допалювання CH та CO ; 2) першим встановлюється термічний, а другий – окисний каталітичний.

Контрольні запитання

1. Призначення системи живлення.
2. Відбір та очищення повітря. Конструктивні особливості.
3. Принцип дії ежекторної системи очищення повітря.
4. Механічне наддування повітря.
5. Турбокомпресорне наддування. Призначення. Принцип дії.
6. Система живлення з використанням газу. Що входить до системи?
7. Які існують варіанти бензинової паливної системи? Принцип дії.
8. Система живлення дизельних двигунів.
9. Схеми системи упорскування *Common Rail*. Принцип дії.
10. Випуск, використання та очищення відпрацьованих газів.

Лабораторна робота 11

КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ЗАПУСКУ ДВЗ. КОНСТРУКЦІЯ, ПРИНЦИП ДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ЕЛЕКТРОСТАРТЕРА

Мета роботи – вивчити системи запуску і принцип дії автомобільного стартера, конструкції та призначення його основних вузлів.

Наочні посібники:

- мультимедійне забезпечення;
- вимірально-діагностичне обладнання;
- автомобілі.

Завдання до роботи:

- вивчити класифікацію систем запуску ДВЗ і встановити причини використання найбільш поширеного способу пуску ДВЗ;
- ознайомитися з призначенням і принципом дії автомобільного стартера;
- вивчити будову, призначення вузлів та елементів автомобільних стартерів і подати електричну схему системи пуску;
- ознайомитись із основними технічними характеристиками стартера відповідно до індивідуального завдання.

Класифікація систем запуску двигуна

Поршневі двигуни внутрішнього згорання можна запустити, розкручуючи колінчастий вал різними способами до пускових обертів.

Можливі такі способи пуску ДВЗ.

М'язовий запуск

М'язовий пуск здійснюється вручну за допомогою пускової рукоятки (або іншого аналогічного пристрою) або прокручуванням вивішеного ведучого колеса, коли друге ведуче колесо загальмується (обпирається на дорогу і не обертається завдяки диференціалу).

У цьому способі джерелом енергії для прокручування колінчастого вала двигуна є м'язова сила людини.

М'язовий запуск застосовується на сучасних автомобілях лише у разі відмови штатної системи запуску. Він досить небезпечний щодо травмування людини, тому вимагає особливої обережності при застосуванні. Запускати дизельний двигун за допомогою м'язового запуску значно складніше і небезпечніше, ніж двигун із примусовим запалюванням, через високий рівень стиску в циліндрах.

Останнім часом на легкових автомобілях виробниками не передбачаються штатні пристрої для м'язового пуску двигуна.

Запуск методом буксирування

Методом буксирування двигун можна запустити за допомогою іншого транспортного засобу або з використанням м'язової сили групи людей або тварин (коней, мулів тощо).

Буксируванням автомобіль розганяється до деякої швидкості, після чого водій вмикає передачу КП (зазвичай 3-тю) і плавно вмикає зчеплення, змушуючи колінчастий вал крутитися.

Цей метод пуску двигуна не застосовується для автомобілів, обладнаних автоматичною коробкою передач.

Запуск від електродвигуна

Запуск від електричного двигуна постійного струму – стартера, який використовує для своєї роботи енергію акумулятора автомобіля. Цей спосіб найбільш зручний і практичний, тому застосовується у переважній більшості систем запуску сучасних автомобільних двигунів.

Стартер конструктивно поєднує електродвигун постійного струму, привід з обгінною муфтою, стартер із вінцем з'єднувального маховика, й електричне реле вмикання електродвигуна. Запуск здійснюється за допомогою допоміжного двигуна – «пускача».

Запуск основного двигуна від допоміжного двигуна внутрішнього згоряння малої потужності, який запускається з інших джерел енергії, зокрема – вручну. Цей спосіб нерідко застосовується в тракторних двигунах, оскільки дозволяє легко запустити двигун великої потужності з високим ступенем стиску, властиво дизелям, мало залежить від ступеня заряду акумуляторної батареї, тому застосовується в будь-яких умовах, у тому числі далеко від населених пунктів.

Як пускові двигуни зазвичай використовують невеликі бензинові двигуни, що називаються «пускатими».

Пневматичний запуск

Пневматичний запуск здійснюється з використанням енергії стисненого повітря, що накопичується у спеціальних балонах під час роботи основного двигуна. Цей спосіб запуску ДВЗ в автомобільному транспорті застосування не набув; його частіше використовують для пуску суднових і тепловозних двигунів, а також дизелів важкої бронетанкової техніки.

Інерційний запуск

Інерційний запуск із використанням енергії обертового маховика, що накопичив енергію під час роботи двигуна, може використовуватися для пуску двигуна після короткочасної зупинки. Втім, відомі інерційні системи пуску, в яких важкий маховик спочатку розкручувався вручну, після чого енергія використовувалася для запуску двигуна і після тривалої стоянки.

До інерційного запуску можна віднести запуск двигуна, який заглох під час руху транспортного засобу – вмикання будь-якої передачі КП при плавному вмиканні зчеплення дозволяє розкрутити колінчастий вал від обертових коліс. Такий спосіб пуску двигуна іноді ще називають ротаційним.

Безпосередній запуск

Безпосередній запуск (*Direct Start*) – перспективний метод запуску двигуна внутрішнього згоряння без використання зовнішніх джерел механічної енергії, запропонований відомою фірмою *Bosch*.

Оригінальність цього способу запуску полягає в тому, що за допомогою бортового комп'ютера визначається, який із циліндрів двигуна найбільше підходить для виконання такту робочого ходу (поршень знаходиться трохи за межами верхньої мертвої точки), після чого в нього подається і запалюється невелика порція горючої суміші – двигун починає працювати.

З ряду причин цей спосіб можна використовувати в двигунах із кількістю циліндрів не менше чотирьох.

Роботи над втіленням цієї ідеї в цей час ведуться, та цілком можливо, що електричну систему запуску замінить більш ефективний і зручний безпосередній запуск.

Піротехнічний запуск

Ще один рідкісний спосіб запуску двигуна. Піротехнічний запуск – спосіб із використанням піротехнічних речовин, наприклад, пороху, який не набув застосування на автомобілях. Цей спосіб технологічно схожий на пневматичний запуск і відрізняється тим, що не потребує запасу стисненого повітря – за тиск пуску забезпечують порохові гази, що утворюються при згорянні піропатрону, який можна спалахнути електричною іскрою або ударом звичайного молотка по капсулю.

В цей час піротехнічний запуск використовується на деяких моделях снігоходів і моторних суднових шлюпок, оскільки зручний тим, що в деяких умовах для пуску двигуна інші джерела енергії не доступні.

Основна вимога до систем запуску двигуна – забезпечення достатньої частоти обертання колінчастого вала, для чого необхідний крутний момент певної величини. При цьому система запуску повинна надійно функціонувати в будь-яких умовах експлуатації двигуна внутрішнього згоряння і мінімально витратити запаси власних джерел енергії транспортного засобу.

Допоміжні пристрої запуску двигуна

До системи запуску належать і пристрої, що полегшують запуск холодного двигуна, особливо за низьких температур навколишнього середовища. Такі пристрої в момент запуску холодного двигуна дозволяють покращити іскроутворення (у двигунах із примусовим займанням суміші), забезпечити подачу в циліндри горючої суміші необхідної якості та кількості, виконують продування циліндрів, а також попередній підігрів горючої суміші, мастильного матеріалу, охолодної рідини та деталей основних механізмів двигуна.

Особливо ускладнений пуск холодного двигуна, обладнаного газовою та дизельною системою живлення у зимовий час. Тут, поруч із переліченими вище причинами, є й специфічні проблеми запуску, умовлені характеристиками палива і типом системи живлення.

Так, газове паливо при виході з балонів потребує підігріву (газоподібне) або випаровування (рідкий газ). Для того щоб підігрівник або випарник почали функціонувати, необхідно спочатку запустити і прогріти двигун, оскільки в підігрівнику використовуються відпрацьовані гази, а у випарнику – гаряча рідина системи охолодження. Очевидно, у холодному стані системи двигуна не можуть забезпечити нормальний підігрів газу перед подачею його в редуктор і змішувач. Тому пуск двигуна в газобалонних автомобілях зазвичай здійснюється на бензині, а після деякого прогріву двигуна перемикають систему живлення на газоподібне паливо.

Для дизелів додатковою причиною ускладнення запуску є холодне повітря. Оскільки дизельний двигун використовує для запалення горючої суміші сильне стиснення повітря, то очевидно, що холодне повітря при одній і тій самій мірі стиснення прогріється менше, ніж тепле повітря, та запалення суміші буде ускладнено або навіть неможливо. Крім того, високий ступінь стиснення в дизелях, що характеризується значним компресійним опором, створює додаткову перешкоду роботі системи запуску (стартер або пусковий двигун), і при пуску важко розкрутити колінчастий вал до потрібної частоти.

Для усунення описаних причин ускладненого запуску дизелів застосовують такі конструкторські рішення, як попередній підігрів повітря у впускному трубопроводі за допомогою спеціальних електронагрівальних свічок, а також декомпресори – пристрої, що знижують компресію двигуна в момент розкручування колінчастого вала перед пуском двигуна. Декомпресори зазвичай відкривають клапан (впускний, випускний або обидва), що полегшує стартеру розкручування колінчастого вала до потрібної частоти, а після відключення декомпресора двигун запускається.

Крім того, декомпресор може бути використаний для аварійної зупинки двигуна у разі потреби – зниження компресії в циліндрах виключає загоряння горючої суміші і дизель глухне.

Конструктивно декомпресор є системою тяг і важелів із ручним або електромагнітним приводом, що впливають на штанги штовхачів і відкривають клапани ГРМ.

В умовах дуже низьких температур для полегшення запуску двигуна нерідко застосовують ефірвмісні рідини, що впорскуються в невеликій кількості у впускний тракт системи живлення.

У холодну пору року найбільш зручним і надійним засобом полегшення запуску двигунів є передпускові підігрівачі.

Електростартерний запуск

Величина електричної напруги на стартері впливає на розвивану потужність електродвигуна стартера. На автомобілях із бензиновими двигунами внутрішнього згоряння напруга бортової мережі становить 12 В, застосовується така сама електрична напруга на стартері.

На автомобілях із потужними дизельними двигунами напруга бортової мережі становить 24 В. Це зумовлено тим, що дизелю з великим робочим об'ємом і з великим ступенем стиску потрібний потужний електричний стартер. Встановлюються по два 12-вольтові автомобільні акумулятори, з'єднані послідовно.

При рівній електричній потужності та підвищенні електричної напруги вдвічі сила струму відповідно знижується вдвічі:

$$P = I \cdot U,$$

де I – сила струму, а U – напруга.

Підвищення напруги дозволяє зменшити розрядний струм акумуляторної батареї, а також знизити нагрівання електричних проводів.

На легкових автомобілях, мікроавтобусах і малотоннажних вантажівках із дизельними двигунами застосовуються 12-вольтові стартери. У складі стартера можуть використовуватись різні електродвигуни.

Класифікація електродвигунів

Електродвигуни класифікуються за способом підключення обмотки збудження (табл. 11.1). Найбільш поширеним видом електродвигунів є двигуни із послідовним збудженням. Двигуни зі змішаним збудженням також часто використовуються для роботи у важких умовах.

В електродвигуні з послідовним збудженням обмотка збудження увімкнена послідовно з обмоткою якоря. Це найпоширеніший тип

двигуна для легкових автомобілів, такий двигун дає високий пусковий момент, спадний у разі підвищення швидкості обертання. Така характеристика ідеальна для подолання великого опору при обертанні колінчастого вала з місця.

Поряд із двигунами, що мають електричне збудження, в експлуатації є і двигуни зі збудженням від постійних магнітів, що мають непогані вагові показники.

Двигуни з постійним магнітом мають малі габарити та прості конструкції. Оскільки вони не мають обмотки збудження, падіння напруги в них визначається лише опором обмотки якоря. Для знімання високої потужності з вала такі двигуни можуть мати вбудовану механічну передачу від якоря до вихідного вала.

Двигуни зі змішаним збудженням використовуються у тих випадках, коли потрібна велика потужність. Двигуни цього типу мають як послідовну, так і паралельну обмотки, які вмикаються у два етапи:

а) при увімкненні двигуна спочатку паралельна обмотка вмикається послідовно з якорем та виконує функцію баластного опору. Завдяки цьому струм якоря обмежений і двигун розвиває невеликий момент, необхідний для плавного введення в зачеплення шестірні стартера;

б) на другому етапі обмотки відповідають своїй назві: паралельна обмотка вмикається паралельно якорю, а послідовна – послідовно.

Після запуску двигуна шестерня стартера виходить із зачеплення з маховиком, та стартер відключається від джерела живлення. В цей час обертаний за інерцією якір починає генерувати струм, який розсіюється в паралельній обмотці збудження. Завдяки цьому якір стартера швидко зупиняється – ефект електрогальма.

Система електростартерного запуску

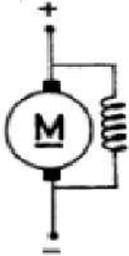
Стартер призначений для дистанційного пуску двигуна автомобіля. Він є електродвигуном постійного струму з електромагнітним тяговим реле та механізмом приводу.

При увімкненні замка запалювання спрацьовує тягове реле (рис. 11.1 і 11.2), внаслідок чого шестірня приводу входить у зачеплення з вінцем маховика двигуна, і замикаються силові контакти кола живлення електродвигуна (табл. 11.1). Якір стартера через механізм приводу

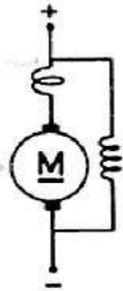
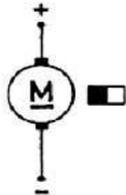
обертає колінчастий вал і надає йому оберти, необхідні для початку самостійної роботи двигуна. Мінімальне пускове число обертів 60...90 об/хв, а для дизельних двигунів – 100...200 об/хв.

При запуску стартера струм розряду АКБ становить 100...1500 А, отже час роботи стартера обмежено. За існуючими нормативами тривалість спроби пуску бензинового двигуна становить 10 с, дизеля – 15 с, інтервал між спробами – 60 с, а після трьох спроб – 3 хв. Після запуску двигуна автомобіля відпускається ключ запалювання, розмикаються силові контакти, тягове реле та електродвигун відключаються від акумуляторної батареї та привід стартера виводиться із зачеплення з вінцем маховика.

Таблиця 11.1 – Класифікація електродвигунів постійного струму

<p>Двигун із паралельним збудженням</p>		<p>Електродвигун загального призначення. Як стартери не використовуються. Обмотка збудження має багато витків і значний опір</p>
<p>Двигун із послідовним збудженням</p>		<p>Великий пусковий момент, ідеальний для прокручування поршневого двигуна. Обмотка збудження має невелику кількість витків із товстого дроту або металевих смуг із малим опором</p>

Продовження табл. 11.1

<p>Двигун зі змішаним збудженням</p>		<p>Іноді використовується для стартерів великої потужності. Вмикається у дві стадії:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Паралельна обмотка вмикається послідовно з якорем для отримання невеликого моменту, необхідного для входу шестірні стартера у зачеплення з вінцем маховика. Послідовна обмотка вимкнена. 2. Вмикається, як показано на рисунку, – повний струм якоря
<p>Двигун із постійним магнітом</p>		<p>Використовується як стартери завдяки досягненням у сфері постійних магнітів, що дозволяло створити ефективніше електродвигун із хорошими ваговими показниками.</p>

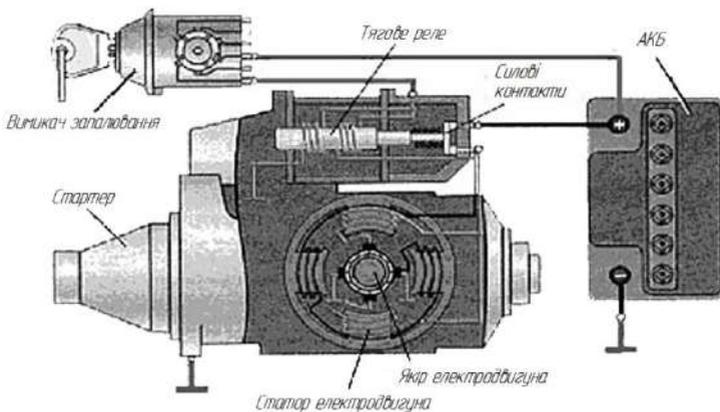


Рисунок 11.1 – Електрична схема вмикання стартера та складові елементи системи електростартерного пуску

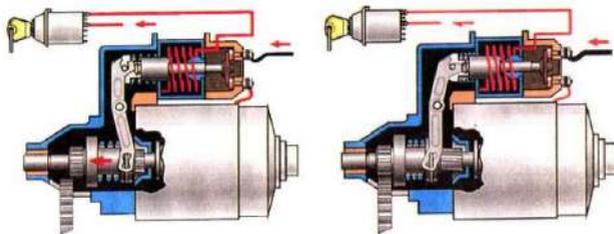


Рисунок 11.2 – Зачеплення шестірни приводу з вінцем маховика двигуна

Будова стартерів

Стартер складається з корпусу, в якому змонтовані котушки збудження полюсами; якоря з обмоткою та колектором; кришок (з боку колектора та з боку приводу); приводу, що складається з важеля ведучої шестірни та муфти вільного ходу; тягового реле, що складається з котушки, ярма, якоря, штока з контактною пластиною, кришки із контактними болтами (рис. 11.3). Корпус електростартера виготовляють із труби або сталевієї смуги СТ10 або СТ2 з наступним зварюванням стику. У корпусі передбачено отвір для вивідного болта обмотки збудження, але немає вікон для доступу до щіток (з метою покращення герметизації).

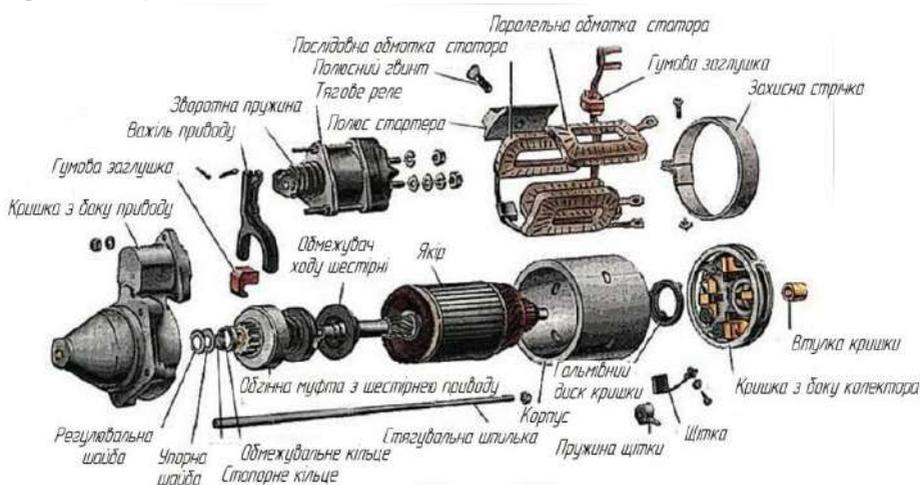


Рисунок 11.3 – Будова стартера

До корпусу гвинтами кріплять полюси з котушками обмотки збудження. Всі автомобільні стартери виконують чотириполюсними. Котушки послідовних (серієсних) та паралельних (шунтових) обмоток збудження встановлюють на окремих полюсах, тому число котушок дорівнює числу полюсів. Котушки послідовної обмотки мають невелику кількість витків неізолюваного мідного дроту прямокутного перерізу марки ГСМ. Між витками котушки прокладають електроізоляційний картон завтовшки 0,2...0,4 мм. Котушки паралельної обмотки збудження намотують ізолюваним круглим дротом марок ПЕВ-2 або ПЕТВ. Зовні котушки ізолюють стрічкою з ізоляційного матеріалу (бавовняна тафтяна стрічка, батистова стрічка Б-13). Зовнішня ізоляція після просочування лаком і просушування має товщину 1...1,5 мм.

Перспективне застосування полімерних матеріалів при ізолюванні котушок, за допомогою яких можна отримати покриття, рівномірні за товщиною, стійкі до впливу агресивного середовища та підвищеної температури.

Якір стартера є шихтованим сердечником, у пази якого укладаються секції обмотки. У шихтованому сердечнику менші втрати на вихрові струми. Пакет якоря напресований на вал, що обертається у двох або трьох опорах із бронзографітовими підшипниками, підшипниками з іншого порошкового матеріалу або з підшипниками кочення. Пакет якоря набирають зі сталевих пластин (Ст0,8кп або Ст10) завтовшки 1...1,2 мм. Крайні пластини пакета з електроізоляційного картону ЕВ завтовшки 2,5 мм оберігають від ушкодження ізоляційний матеріал лобових частин обмотки якоря.

В електростартерах застосовують міднографітові щітки з добавками свинцю та олова. Графіту більше у щітках для потужних стартерів і стартерів для важких умов експлуатації. Розміри щіток і спад напруги під ними залежать від допустимої густини струму. Зазвичай густина струму в щітках електростартерів знаходиться в межах 40...100 А/см².

Тягове реле забезпечує введення шестірні в зачеплення з вінцем маховика, що підключає стартерний електродвигун до акумуляторної батареї (рис. 11.4). На більшості стартерів тягове реле розташовують на

приливку кришки з боку приводу. З фланцем приливку кришки реле з'єднують безпосередньо або через додаткові елементи кріплення.

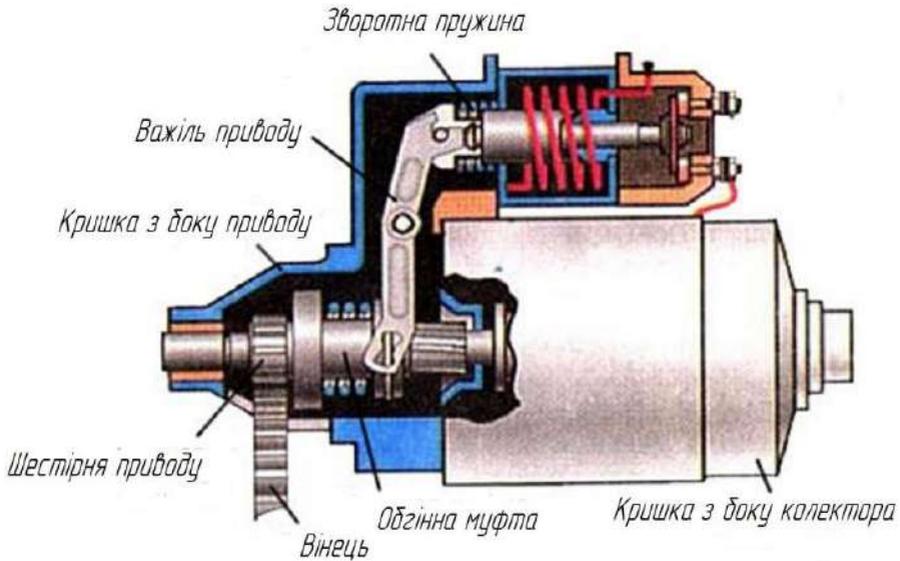


Рисунок 11.4 – Будова тягового реле стартера

Реле може мати одну або дві обмотки, намотані на латунну втулку, якою вільно переміщається сталевий якір, що впливає на шток рухомим контактним диском (рис. 11.5). Два нерухомі контакти у вигляді контактних болтів закріплюють у пластмасовій кришці.

У двообмотковому реле утримувальна обмотка розрахована тільки на утримання якоря реле в притягнутому до осердя стані, намотана проводом меншого перерізу та має прямий вихід на «масу». Втягувальна обмотка підключена паралельно до контактів реле. При увімкненні реле вона діє згідно з утримувальною обмоткою і створює необхідну силу тяжіння, коли зазор між якорем і осердям максимальний. Під час роботи стартерного електродвигуна замкнуті контакти тягового реле шунтують

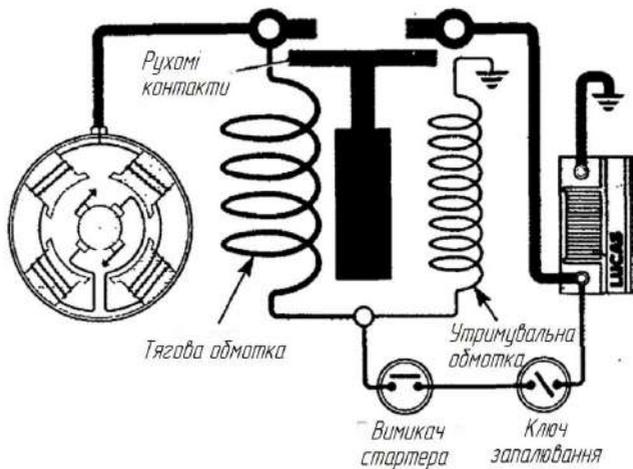


Рисунок 11.5 – Електрична схема тягового реле стартера

втягувальну обмотку та вимикають її з роботи.

Тягове реле важелем пов'язане з механізмом приводу, розташованим на шліцьовій частині вала. Важіль впливає на привід через повідкову муфту. Його виливають з полімерного матеріалу або виконують складеним із двох штампованих сталевих частин, що з'єднують заклепуванням чи зварюванням.

Для передачі крутного моменту від вала якоря колінчастому валу використовується спеціальний механізм приводу. За типом і принципом роботи привідних механізмів виділяють стартери з електромеханічним переміщенням шестерні приводу з інерційним або комбінованим приводом. Для запобігання рознесенню якоря після пуску двигуна в автомобільні електростартери встановлюють роликові, храпові або фрикційно-храпові муфти вільного ходу. Найбільшого поширення в електростартерах набули електромеханічний привід шестерні і роликові муфти вільного ходу.

Роликові муфти вільного ходу технологічні у виготовленні, безшумні в роботі та здатні при невеликих розмірах передавати великі крутні моменти. Вони малочутливі до забруднення, не потребують

догляду та регулювання в експлуатації. Працює така муфта в такий спосіб (рис. 11.6).

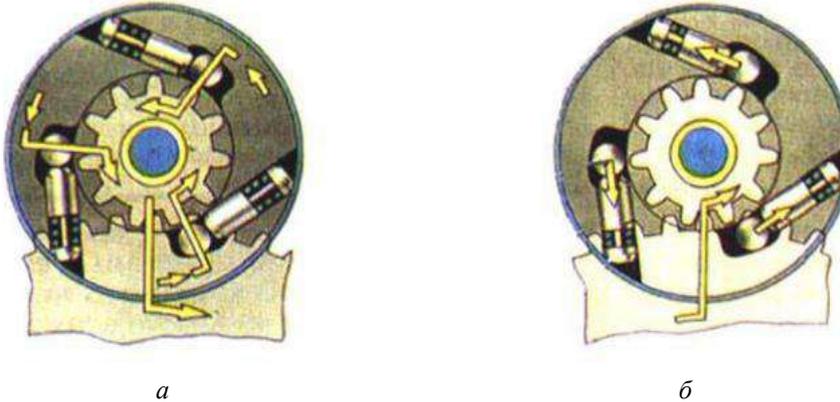


Рисунок 11.6 – Схема роботи роликової обгінної муфти: при пуску (а) та після пуску (б) двигуна автомобіля

При увімкненні стартерного електродвигуна зовнішня ведуча обойма обгінної муфти вільного ходу разом з якорем повертається відносно нерухомої ще веденої обойми. Ролики під дією притискних пружин та сил тертя між обоймами та роликами переміщуються у вузьку частину клиноподібного простору, і муфта заклинюється (див. рис. 11.6, а). Обертання від вала якоря ведучої обойми муфти передається шліцьовою втулкою. Після пуску двигуна частота обертання веденої обойми з шестірнею перевищує частоту обертання ведучої обойми, ролики переходять у широку частину клиноподібного простору між обоймами, тому обертання від вінця маховика до якоря стартера не передається (див. рис. 11.6, б).

Стартер із постійними магнітами та знижувальною передачею

Роботи у галузі вдосконалення електродвигунів дозволили створити просту і досить легку конструкцію стартера зі збудженням постійними магнітами та зі знижувальною передачею (рис. 11.7).

Знижувальна передача є планетарним рядом, сонячна (центральна) шестірня якого закріплена на валу якоря, а вихідна потужність знімається з водила, на осях якого встановлені сателіти, що вільно обертаються. Шестерні планетарної передачі із зовнішніми зубами виготовлені зі сталі, а епіциклічна шестірня (з внутрішніми зубами) – з поліамідного компаунду з мінеральними добавками для підвищення зносостійкості.

Такий стартер на 40 % легший за стартер звичайного виконання і розрахований на застосування із двигунами об'ємом до 5 л.

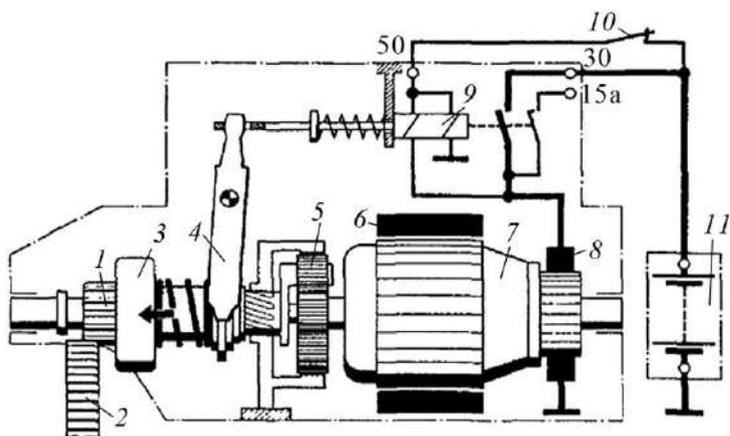


Рисунок 11.7 – Схема стартера *BoshDW* з постійними магнітами та знижувальною передачею:

- 1 – шестірня; 2 – вінець маховика; 3 – обгінна муфта; 4 – керуючий важіль;
- 5 – планетарна передача; 6 – постійний магніт; 7 – якор;
- 8 – колектор із графітовими щітками; 9 – електромагнітний привід із втягувальними й утримувальними обмотками; 10 – ключ стартера;
- 11 – акумулятор

Контрольні запитання

1. Які є засоби пуску ДВЗ?
2. Наведіть класифікацію систем запуску ДВЗ.

3. Які особливості запуску бензинового та дизельного двигунів?
4. В яких випадках використовують наведені засоби запуску ДВЗ?
5. Чому здебільшого використовують електростартерний пуск на автомобілях?
6. Яке призначення стартера?
7. За якими конструктивними характеристиками розрізняють стартери?
8. Які основні елементи стартера та виконувані ними функції?
9. Який вид увімкнення обмоток мають стартери та їх призначення?
10. Скільки обмоток у стартері? Що це за обмотки і яке їх призначення?
11. Яке призначення та принцип дії роликової муфти?
12. Конструктивні особливості стартера з постійними магнітами та планетарною передачею.
13. Як змінюється мінімальна пускова частота і момент опору двигуна від температури?
14. Які фактори зумовлюють вибір стартера для конкретного двигуна?

Лабораторна робота 12 ЗЧЕПЛЕННЯ

Мета роботи – вивчення конструкції, принципу дії, роботи й обслуговування зчеплень автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми і плакати з конструкції фрикційних зчеплень;
- вузли та деталі зчеплень автомобілів;
- слайди, презентації та анімації за конструкцією зчеплень автомобілів.

Завдання:

- класифікувати зчеплення автомобілів ГАЗ-66, ЗІЛ-130, МАЗ-503А, КраЗ-257, ВАЗ-2110, Ланос, *Audi, Opel* відповідно до прийнятої системи класифікації, наведеної на схемі рис. 12.1.

- за плакатами і макетами вивчити конструкції однодискових і дводискових зчеплень, виконати схеми які наведено на рис. 12.2 – 12.4, скласти короткий їх опис.

- вивчити призначення, принцип дії та конструктивне виконання гасника крутильних коливань (демпфера) зчеплення, користуючись макетами та плакатами. Скласти принципову схему гасника крутильних коливань, використовуючі плакат.

- на макетах знайти та відрегулювати величину зазору δ , що зменшується в процесі експлуатації внаслідок зносу поверхонь тертя веденого диска.

- проаналізувати відповідність досліджуваних вузлів основним вимогам

Призначення і принцип дії зчеплення

Зчеплення є складовою частиною трансмісії автомобілів. Зчеплення служить для від'єднання працюючого двигуна від трансмісії (при короткочасних зупинках і для перемикання передач), для плавного рушення з місця, а також для запобігання поломкам трансмісії при перевантаженнях.

Більшість автомобільних зчеплень (рис. 12.1) є фрикційними, тобто

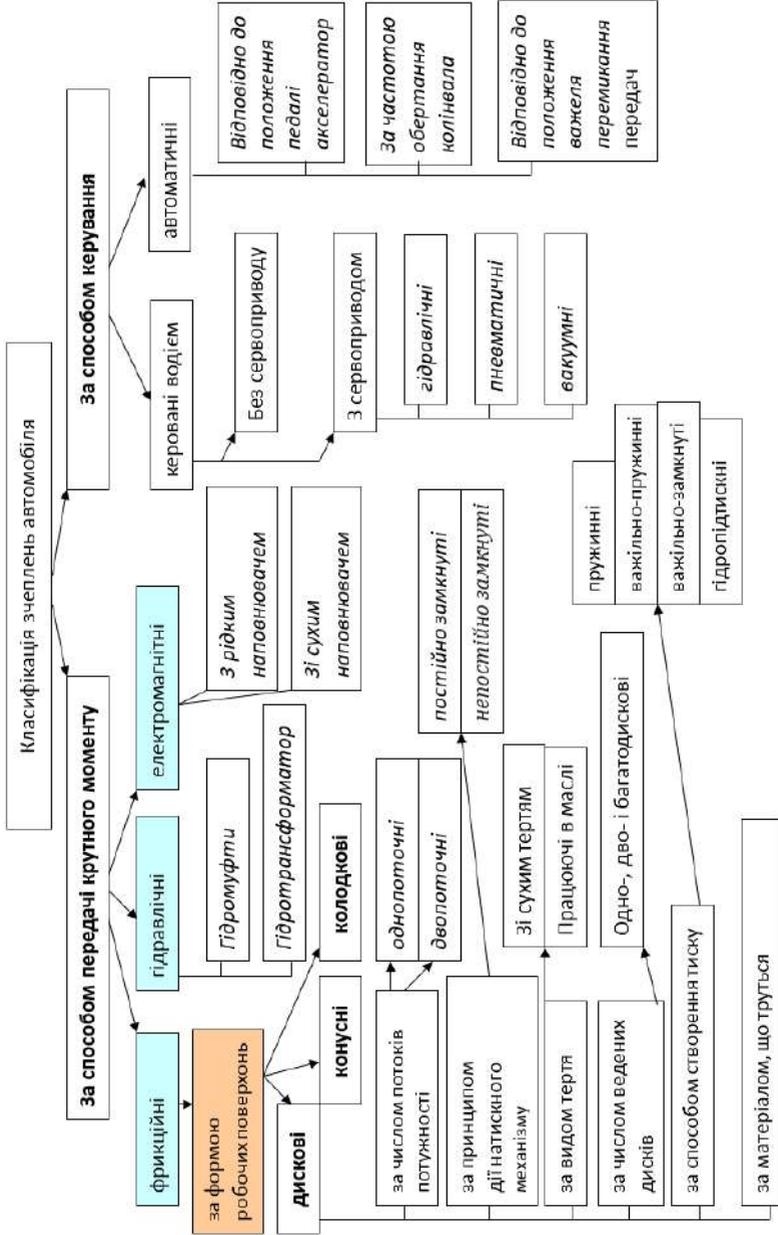


Рисунок 12.1 – Класифікація зчеплень

такими, в яких передача крутного моменту здійснюється за рахунок сил тертя між контактуючими поверхнями. Фрикційне зчеплення складається з ведучою і веденою частин, натискного механізму і механізму вимкнення. Деталі ведучої групи сприймають крутний момент двигуна від маховика і жорстко з ним пов'язані. Деталі віденої групи передають цей момент до первинного вала коробки передач. У процесі вимкання зчеплення ці деталі від'єднуються від двигуна. Натискний механізм забезпечує щільне притиснення ведучої та веденої частин зчеплення для створення необхідного моменту тертя. Механізм вимкнення призначений для керування зчепленням. Для полегшення керування зчепленням служить привід зчеплення.

Конструктивні особливості муфти з діафрагмовою пружиною наведено на рис. 12.2.

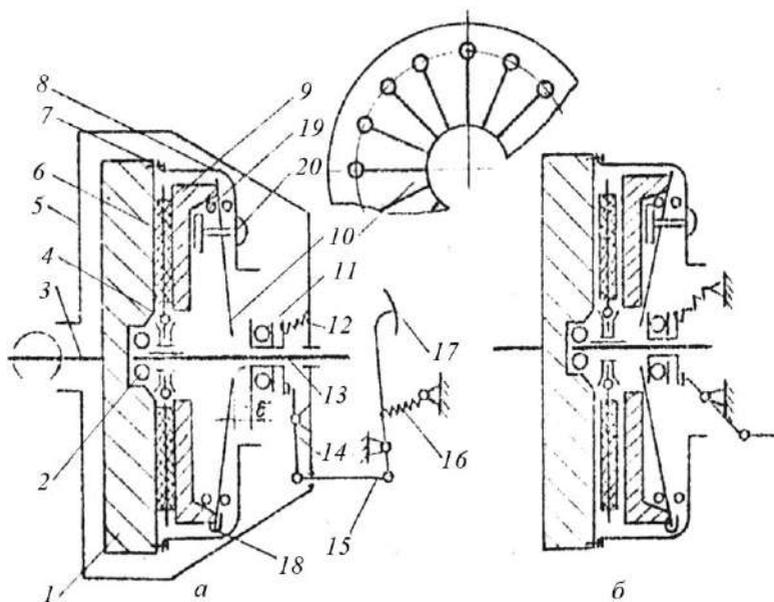
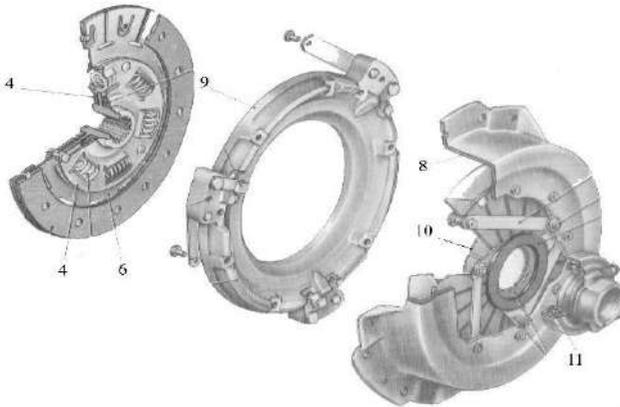


Рисунок 12.2 – Конструктивна схема зчеплення з діафрагмовою пружиною:
а – зчеплення увімкнено; б – вимкнено;



Продовження рис. 12.2 – Конструктивна схема зчеплення з діафрагмовою пружиною:

- 1 – маховик; 2 – підшипник; 3 – колінчастий вал; 4 – демпфер у зборі;
 5 – картер; 6 – ведений диск; 7 – болти; 8 – кожух; 9 – натискний диск;
 10 – тарілчаста пружина; 11 – підшипник вимкнення; 12 – відтяжна пружина;
 13 – вал зчеплення; 14 – вилка вимикання; 15 – тяга;
 16 – поворотна пружина; 17 – педаль; 18 – скоба; 19 – опорні кільця;
 20 – опорні штифти

До ведучої частини зчеплення належать маховик 1 (див. рис 12.3), кожух 8, натискний диск 9, до веденої – диск 6 із фрикційними накладками, вал зчеплення 13. Натискний диск має шипи, які входять у вікна кожуха, прикріпленого болтами до маховика двигуна; завдяки цьому натискний диск, обертаючись як одне ціле з маховиком, може в той же час переміщатися в осьовому напрямку. Крутний момент від двигуна до натискного диску передається послідовно через такі деталі: маховик 1, болти 7 кріплення кожуха, кожух 8 зчеплення, виступи натискного диска, натискний диск 9. Натискний диск 9 може бути пов'язаний із кожухом не за допомогою шпильок, а за допомогою тангенціально розташованих пластин, які беруть участь у передачі крутного моменту. Між маховиком і натискним диском розташований тонкий сталевий ведений диск 6 із фрикційними накладками; маточина 4 веденого диска має можливість переміщатися на шліцах веденого вала 13 в осьовому напрямку. У

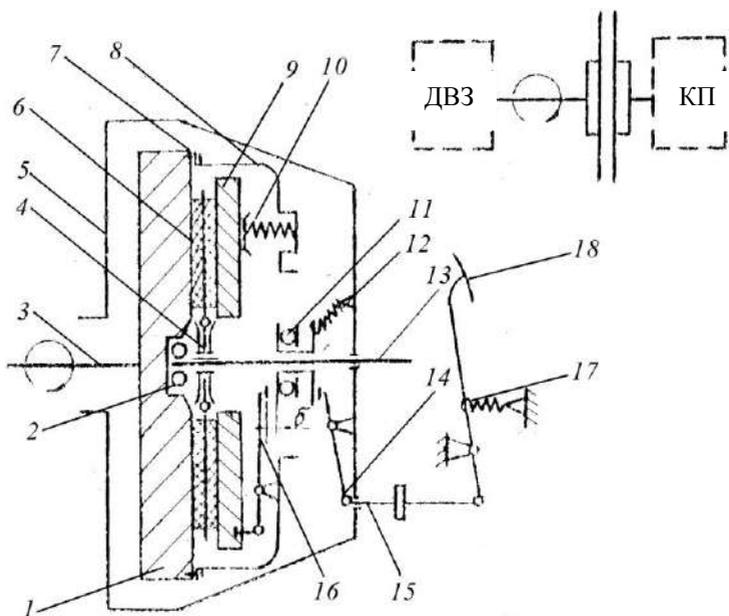


Рисунок 12.3 – Конструктивна схема зчеплення з периферійними пружинами

робочому режимі постійно замкнутого зчеплення ведений диск притискається до маховика натискним диском 9 за допомогою пружин 10, розташованих по колу між кожухом зчеплення і натискним диском; при вільній педалі 18 зчеплення пружини стискають диски й одне ціле, створюючи жорсткий зв'язок між валами 3 і 13. Витискний підшипник 11 переміщається вилкою 14; зовнішній кінець вилки тягою 15 пов'язаний із важелем педалі зчеплення 18. У вільному стані педаль утримується пружиною 17, витискний підшипник відтягнут пружиною 12 у крайнє праве положення (зчеплення увимкнено); при цьому між підшипником 11 і відтискними важелями 16 утворюється гарантований зазор $\delta = 3-4$ мм. Наявність цього зазору виключає мимовільне вимикання зчеплення і забезпечує повноту вмикання оточення при частковому зносі фрикційних накладок; зазору відповідає певний хід педалі 18 зчеплення (зазвичай холостий хід педалі становить 30–45 мм).

При вимкненні зчеплення внаслідок натискання на педаль

відбувається осьове переміщення витискного підшипника 11, вибирається зазор δ , потім під дією зусилля підшипника відтискні важелі повертаються, натискний диск відводиться від веденого, долаючи опір пружин 10 (відбувається їх стиснення). Диски розходяться, ведений диск під дією сил опору трансмісії зупиняється, зв'язок між валами переривається. При вмиканні зчеплення ведучі диски пробуксовують щодо веденого до вирівнювання їх кутових швидкостей; відбувається розгін автомобіля. При пробуксовуванні фрикційних елементів зчеплення виділяється значна кількість тепла, підвищується температура деталей зчеплення. Велика частина тепла відводиться через маховик і натискний диск, тому останній виконується досить потужним. Крім того, кожух зчеплення має спеціальні вентиляційні вікна. Для запобігання нагріванню пружин 10 та їх відпуску під кожну пружину з боку натискного диска 9 підкладено теплоізоляційну прокладку. Щоб зчеплення вмикалося плавно і момент тертя наростав поступово, ведений диск часто виготовляють пружним. Сталевий ведений диск розділений на окремі секції, які мають вигин у різні боки. Одна фрикційна накладка приклепана до секцій, які мають вигин назад, друга – до секцій, які мають вигин уперед; тому у вільному стані між накладками і власним диском є зазор близько 1 мм. При вмиканні відбувається стиснення пакета, зазор вибирається за рахунок деформації дисків тертя, поверхні яких плавно стикаються.

Для зменшення в силовому приводі рівня крутильних коливань, що виникають через нерівномірність обертання двигуна, й охорони двигуна від різких ударів із боку трансмісії встановлено гасник крутильних коливань (демпфер). Крім того, установка демпфера забезпечує і більшу плавність вмикання зчеплення. В цьому випадку ведений диск б з'єднаний зі своєю маточиною 4 не твердо, а за допомогою пружин, установлених по дотичній та окружності. Пружини встановлені у стислому стані в прямокутних вирізах фланця маточини, веденого диска і диска гасника. Між собою фланець маточини і диск гасителя з'єднані розклепанями штифтами. При увімкненні зчеплення крутний момент передається через фрикційні накладки на ведений диск б, а потім через пружини демпфера – на маточину веденого диска і на ведений вал

зчеплення. Під дією зусилля пружини демпфера стискаються, і маточина трохи зміщується щодо веденого диска: за рахунок деформації пружин збільшується плавність вмикання зчеплення. Деформація пружин демпфера обмежується штифтами, що з'єднують маточину і диск гасника.

При регулюванні підшипник вимкнення 11 переміщається вправо за рахунок зміни довжини тяг 15 приводу зчеплення. Таким чином регулюють зазор у процесі експлуатації. Для зчеплень із центральною пружиною необхідно перевіряти і регулювати зусилля стиснення пружини 10 (рис. 12.4). Таке регулювання здійснюється переміщенням опорного фланця 20 за рахунок видалення регулювальних прокладок (П).

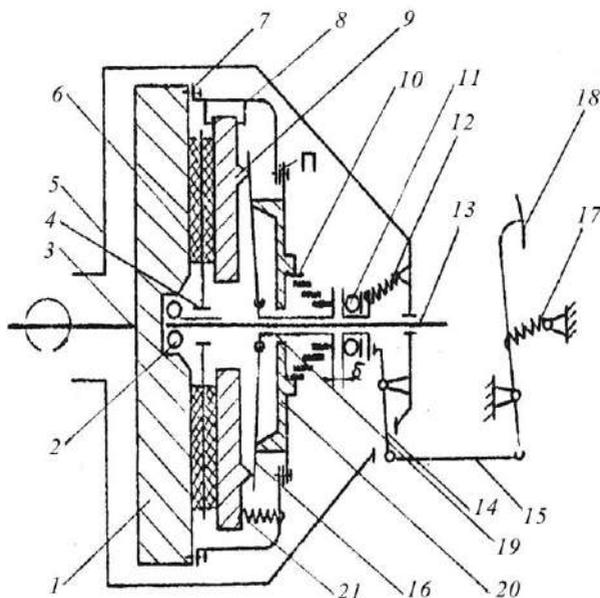


Рисунок 12.4 – Конструктивна схема зчеплення з центральною пружиною:
 1 – маховик; 2 – підшипник; 3 – колінвал; 4 – маточина; 5 – картер; 6 – ведений диск у зборі; 7 – болти; 8 – кожух; 9 – натискний диск; 10 – натискаючі пружина;
 11 – витискний підшипник; 12 – відтяжна пружина; 13 – вал зчеплення;
 14 – вилка вимкнення; 15 – тяга; 16 – пелюстковий натискний важіль;
 17, 21 – відтяжні пружини; 18 – педаль; 19 – втулка; 20 – опорний фланець

Дводискові зчеплення мають особливості. Схему дводискового зчеплення наведено на рис. 12.5.

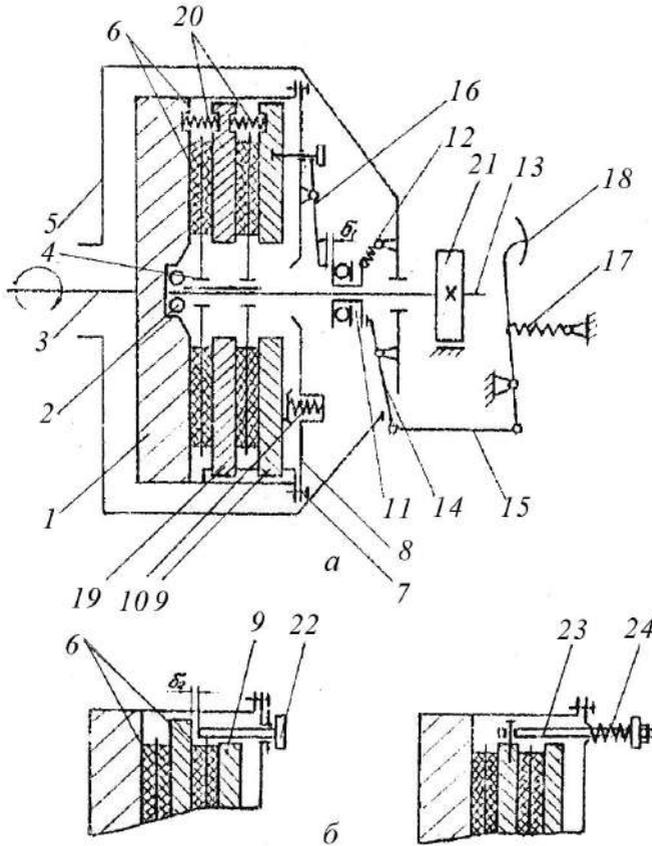


Рисунок 12.5 – Конструктивна схема зчеплення: *а* – з механізмом розведення дисків пружинами; *б* – механізмами розведення дисків упорами та тягами; 1 – маховик; 2 – підшипник; 3 – колінчастий вал; 4 – маточина; 5 – картер; 6 – ведений диск у зборі; 7 – болти; 8 – кожух; 9 – натискний диск; 10 – натискні пружини; 11 – підшипник вимкнення; 12 – відтяжна пружина; 13 – вал зчеплення; 14 – вилка вимикання; 15 – тяга; 16 – важелі вимикання; 17 – поворотна пружина; 18 – педаль; 19 – проміжний диск; 20 – пружні розводки; 21 – гальмо; 22 – упорний гвинт; 23 – тяга; 24 – відтяжна пружина

Основні вимоги, що пред'являються до автомобільних зчеплень, наступні:

- надійна передача крутного моменту двигуна;
- чистота вимкнення (повне роз'єднання поверхонь тертя);
- плавність вмикання (без ривків і ударів у зуби);
- мінімальний момент інерції ведених частин (для швидкого вирівнювання окружних швидкостей і безшумного перемикання шестірень в коробці передач);
- гарне відведення тепла від фрикційних пар;
- врівноваженість деталей зчеплення (відсутність биття);
- відповідність зусилля та ходу педалі приводу вимогам ДСТУ.

Для розглянутих зчеплень застосовувані спеціальні матеріали основних деталей. Приблизний перелік матеріалів наведено в табл. 12.1.

Таблиця 12.1 – Матеріалів основних деталей зчеплення

Найменування деталі	Матеріал	Примітки
Маховик двигуна	Чавун СЧ 24	
Диск ведений	Сталь 65Г	
Фрикційні накладки	Полімерні матеріали з присадками	Азбофрикційні матеріали
	Металокераміка	Композиційні матеріали
Маточина диска	Сталь 40Х	Загартування
Кожух зчеплення	Чавун СЧ 24	
Натискний диск	Чавун СЧ 24	
Диск проміжний	Чавун СЧ 24	
Пружини	Сталь 65Г	

Контрольні запитання

1. Призначення зчеплення, його місце в трансмісії автомобіля.
2. Основні ознаки класифікації зчеплень.
3. Найбільш поширені типи автомобільних зчеплень.
4. Класифікація розглянутих зчеплень.

5. Основні вузли та деталі зчеплення. Ведуча і ведена частини зчеплення.
6. Послідовність передачі крутного моменту від маховика двигуна до вала зчеплення.
7. Поняття коефіцієнта запасу зчеплення; забезпечення необхідного для передачі крутного моменту тиску на поверхнях тертя.
8. Вимкнення і вмикання зчеплення.
9. Гасіння крутильних коливань двигуна.
10. Вимоги, що ставляться до зчеплення, і відповідність їм досліджуваної конструкції зчеплення. Зміна параметрів зчеплення в процесі експлуатації; регулювання.
11. Матеріали основних деталей зчеплення, упрочнююча обробка.
12. Привід керування зчепленням. Сервопривід.
13. Переваги та недоліки розглянутого по завданню зчеплення.
14. Які за способом передачі крутного моменту є зчеплення?
15. Чому маховик, натискний та проміжний диски виготовляють з чавуна?
16. Як змінюється зазор δ в процесі експлуатації?
17. Які переваги використання діафрагмовою натискною пружиною?
18. Як забезпечується підтримання температурного режиму зчеплення та окремих деталей?
19. В чому особливості дводискового зчеплення?
20. Що означає здвоєне зчеплення?

Лабораторна робота 13

КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБІЛІВ.

РОЗДАВАЛЬНІ КОРОБКИ

Мета роботи – вивчення конструкції, принципу дії, роботи й обслуговування механічної коробки передач (МКП) і роздавальної коробки (РК) автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми та плакати з конструкції МКП, РК автомобілів;
- вузли та деталі МКП, РК;
- презентації, слайди, відеофільми;
- МКП, РК у розрізі.

Завдання:

- визначити та класифікувати МКП (перелік в матеріалах роботи);
- вивчити складові частини МКП і РК та їх призначення;
- подати кінематичні схеми КП і РК;
- вивчити кінематику коробок передач автомобілів ЗАЗ-1102, ГАЗ-66, ЗІЛ-130, КАМАЗ-5320. Визначити передавальні числа вказаних коробок передач на всіх передачах;
 - користуючись плакатами і макетами, самостійно скласти кінематичні схеми коробок передач автомобілів МАЗ-503а і КрАЗ-260 із зазначенням чисел зубів, які проставляються біля кожної шестерні;
 - користуючись наведеними кінематичними схемами, вказати силові потоки при вмиканні різних передач. На всіх кінематичних схемах вказати основні позиції;
 - вивчити конструктивні особливості коробки передач ЗАЗ-1102.

Підготовка до роботи

Необхідно знати, що коробка передач є складовою частиною трансмісії автомобіля і розташована за зчепленням; часто конструктивно коробка передач виконується в одному блоці зі зчепленням. *Коробка передач* призначена для зміни сили тяги та відповідно швидкості автомобіля, для забезпечення руху заднім ходом і для тривалого від'єднання працюючого двигуна від трансмісії.

Сьогодні найбільшого поширення набули механічні ступеневі коробки передач з основним розташуванням первинного і вторинного валів. Кількість передач залежить від призначення автомобіля: чим важчі умови експлуатації автомобіля, тим більший діапазон передавальних чисел і відповідно більша кількість передач. Легкові автомобілі зазвичай мають п'ять передач, вантажні автомобілі загального призначення – чотири – п'ять передач, найбільшу кількість передач мають автомобілі-тягачі, автомобілі великої вантажопідйомності і автомобілі високої прохідності – до десяти передач.

Коробка передач включає такі основні вузли: ведучий (первинний) вал, виконаний узгоджено з ведучою шестірнею постійного зачеплення, проміжний вал із нерухомими шестернями, вторинний вал із вільно сидячими шестернями, забезпечений синхронізаторами, вісь або валик заднього ходу, механізм керування коробкою передач (механізм перемикання передач), систему змащення. Обертальний момент передається зі зчеплення на первинний вал коробки передач, потім – через пару шестерень постійного зачеплення – на проміжний вал, з проміжного вала – через пару шестерень відповідної передачі – на вторинний вал. Особливістю автомобільних коробок передач є наявність прямої передачі при безпосередньому з'єднанні первинного і вторинного валів. На вторинному валу є синхронізатори: в легкових автомобілів – на всіх передачах переднього ходу, у вантажних – лише на робочих передачах.

Роздавальну коробку застосовують для розподілу обертального моменту між ведучими мостами автомобіля. В роздавальній коробці поміщається пристрій для вмикання переднього ведучого моста. У багатьох випадках роздавальна коробка одночасно використовується як додаткова двоступенева коробка передач, тим самим подвоюючи кількість передач. Встановлюється роздавальна коробка за коробкою передач – окремо або в одному блоці з нею.

Переваги МКП:

- може допустити повне відокремлення мотора і трансмісії, тому такий автомобіль легко пускається «з поштовху» і може буксирувати з будь-якою швидкістю на будь-яку відстань;

- через жорсткий зв'язок мотора з ведучими колесами водій може ефективніше використовувати машину при пересуванні бездоріжжям, по грязі і в ожеледицю;

- проста в обслуговуванні і не потребує дорогих затратних матеріалів;

- відпрацьованість і простота конструкції, в результаті – висока надійність;

- високий ККД, динаміка розгону і паливна економічність;

- порівняно з іншими типами МКП найменша маса і вартість;

Недоліки:

- малий ресурс зчеплення;

- ступенева зміна передавального числа;

- перемикання передач, яке стомлює водія, особливо при міському циклі та їзді в пробках. Для плавного перемикання передач без ривків і правильного вибору передачі необхідно отримати навички.

Роглянемо класифікацію коробки передач (автомобілів ЗАЗ-1102, ГАЗ-66, ЗІЛ-130, МАЗ-503а, КАМАЗ-5320, КрАЗ-260, ВАЗ-2121) відповідно до прийнятої системи класифікації, наведеної на рис. 13.1.

Види механічної коробки передач

Двохвальні МКПП

Двохвальні коробки передач (рис. 13.2) застосовуються в передньопривідних і задньопривідних (із заднім розташуванням двигуна) автомобілях. Конструктивно їх поєднують в одному блоці з двигуном, зчепленням, головною передачею і диференціалом.

Поперечне розташування коробки передач дозволяє застосовувати головну передачу з циліндровими шестернями. При поздовжній компоновці застосовується головна передача з конічними або гіпоїдними шестернями; остання є складнішою у виготовленні і регулюванні.

Основні переваги двохвальних коробок передач:

- простота конструкції;

- мала маса;

- високий ККД на проміжних передачах (при передачі крутного моменту бере участь лише одна пара шестерень).

В той же час у двохвальній коробці передач немає прямої передачі (коли в передачі обертального моменту не беруть участь шестерні) і максимальний ККД на вищій передачі нижчий, ніж на прямій передачі тривальної коробки.

Максимальне передавальне число однієї зубчастої пари коробки передач має не перевищувати деякої межі, близької до 4, перевищення якої призводить до збільшення габаритів і підвищення рівня шуму. Це



Рисунок 13.1 – Схема класифікації коробок передач автомобілів

обмежує сферу застосування двовальних коробок передач лише легковими автомобілями малого класу. Якщо двигуни з такими коробками встановлюються поперечно в передній частині автомобіля, то для конструкторів двовальних коробок передач збільшення числа передач, а отже, і числа пар шестерень становить певні труднощі. Поздовжня коробка передач може бути легко збільшена за довжиною для розміщення додаткових передач. Поперечний розташований двигун і коробка передач мають обмеження за шириною, що визначається відстанню між колісними арками автомобіля.

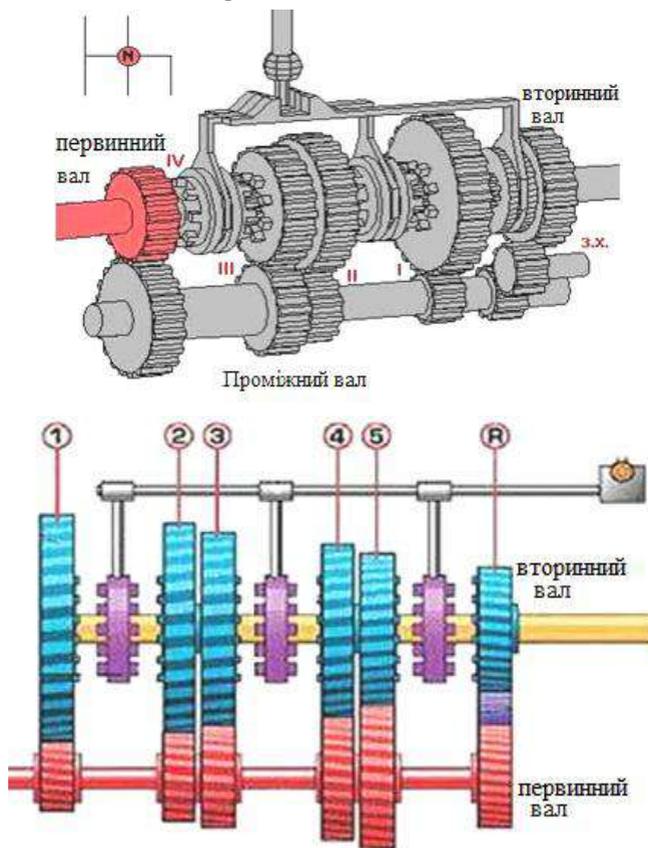


Рисунок 13.2 – Тривальна і двовальна коробки передач

Тривальні МКП

На автомобілях із класичним компонуванням зазвичай застосовують тривальні коробки передач (рис. 13.3–13.4). Особливістю таких автомобілів є те, що майже завжди можна виділити передачу, на якій вони проходять велику частину дороги. Тому основною перевагою тривальних коробок передач є наявність у них так званої «прямої» передачі, яка виходить при безпосередньому з'єднанні первинного і вторинного валів. Іншою перевагою тривальних коробок передач є відносна легкість здобуття великого передавального числа на нижчій (першій) передачі при малій міжосьовій відстані. Це пояснюється тим, що передавальне число всіх передач, окрім «прямої», в таких коробках передач утворюється двома послідовно працюючими парами зубчастих коліс, на відміну від однієї пари в двохвальних коробках передач.

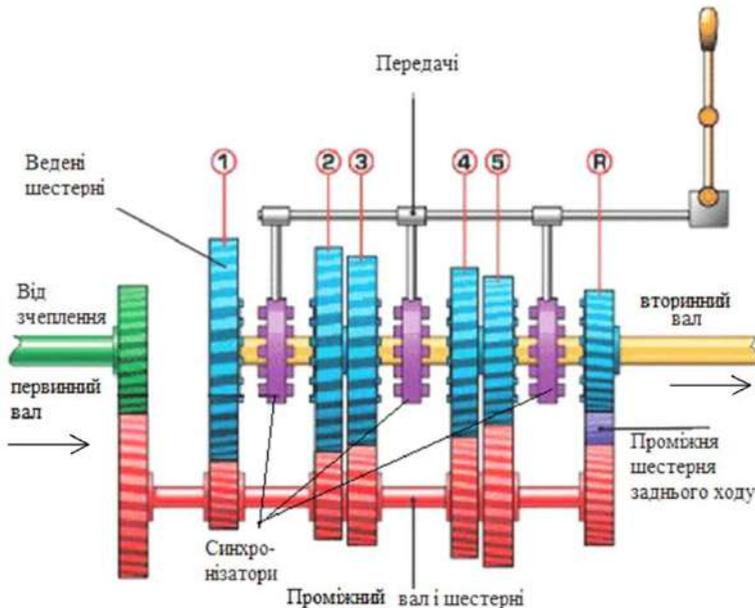


Рисунок 13.3 – Функціональна схема тривальної коробки передач

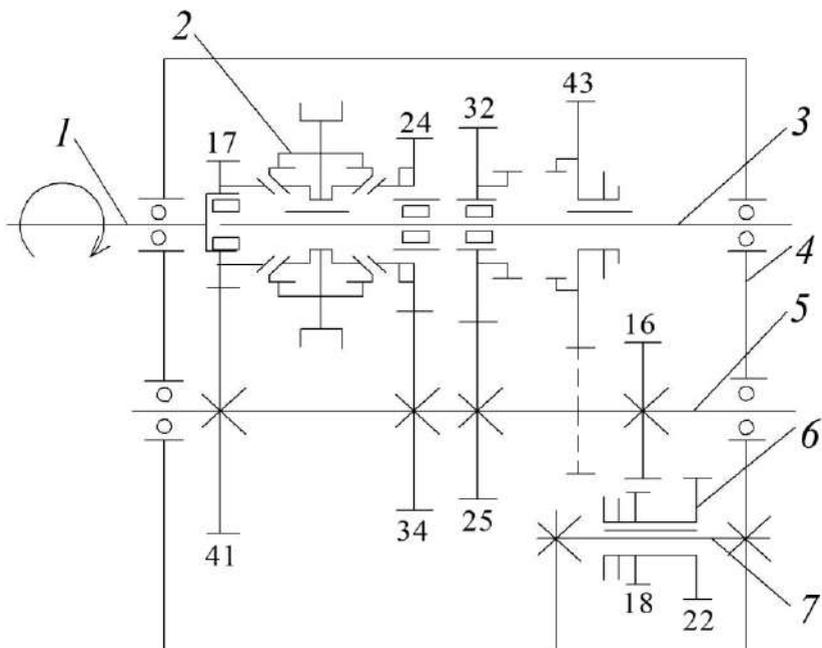


Рисунок 13.4 – Кінематична схема коробки передач ГАЗ-66:

- 1 – первинний вал; 2 – синхронізатор і муфта вмиканні третьої та четвертої передачі; 3 – вторинний вал; 4 – картер; 5 – проміжний вал;
6 – блок заднього ходу; 7 – вісь заднього ходу

На автомобілі ЗАЗ-1102 встановлено механічну, двовальну, триходову, п'ятиступеневу коробку передач з п'ятьма передачами вперед і однією назад, виконану в одному картері з головною передачею (рис. 13.5). Всі шестерні, крім заднього ходу, косозубі, постійного зачеплення. Ведені шестерні першої, другої, третьої, четвертої і п'ятої передач вільно обертаються на веденому валу. Ведуча, проміжна та ведена шестерні заднього ходу прямозубі. Вмикання всіх передач переднього ходу здійснюється за допомогою ковзних муфт і синхронізаторів. Муфти переміщуються за допомогою вилок перемикання. Картер коробки передач – виливання з магнієвого сплаву.

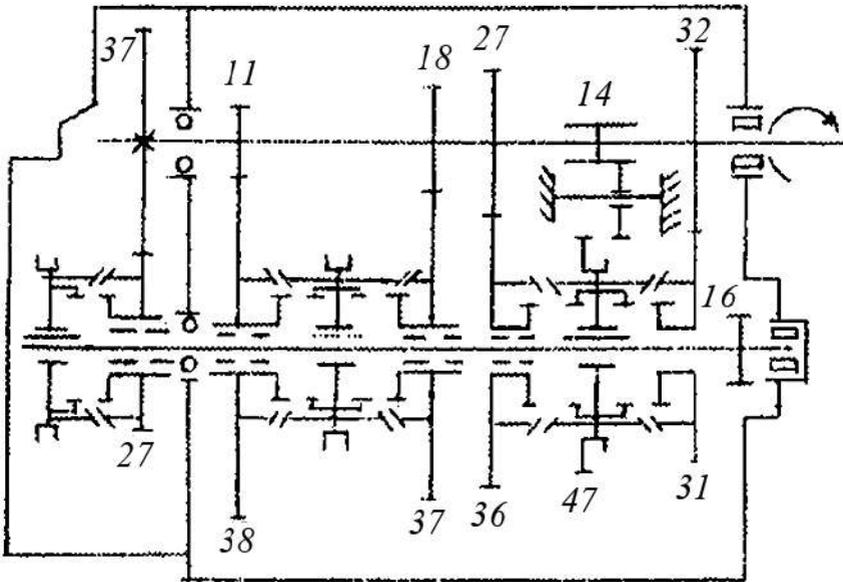


Рисунок 13.5 – Кінематична схема коробки передач автомобіля ЗАЗ-1102

Ведучий вал виконаний у вигляді зварної нерозбірної конструкції із зубчастими вінцями ведучих шестерень першою, другою, третьою, четвертою передач і заднього ходу. На задньому кінці цього вала на шпонці встановлено ведучу шестірню п'ятої передачі. На передньому кінці ведучого вала нарізані шліци для маточини веденого диска зчеплення.

Ведений вал виконаний як одне ціле з ведучою шестірнею головної передачі.

Ведені шестерні першої, другої, третьої і п'ятої передач обертаються кожна на двох голчастих підшипниках, між якими встановлено поліамідне проставкове кільце; шестірня четвертої передачі обертається на шийці веденого вала.

У коробці передач передбачені невзаємозамінні синхронізатори однакового пристрою, але різні за розміром.

Особливістю коробки передач автомобіля КАМАЗ-5320 (рис. 13.6) є використання демультіплікатора, який в двічі збільшує кількість передач.

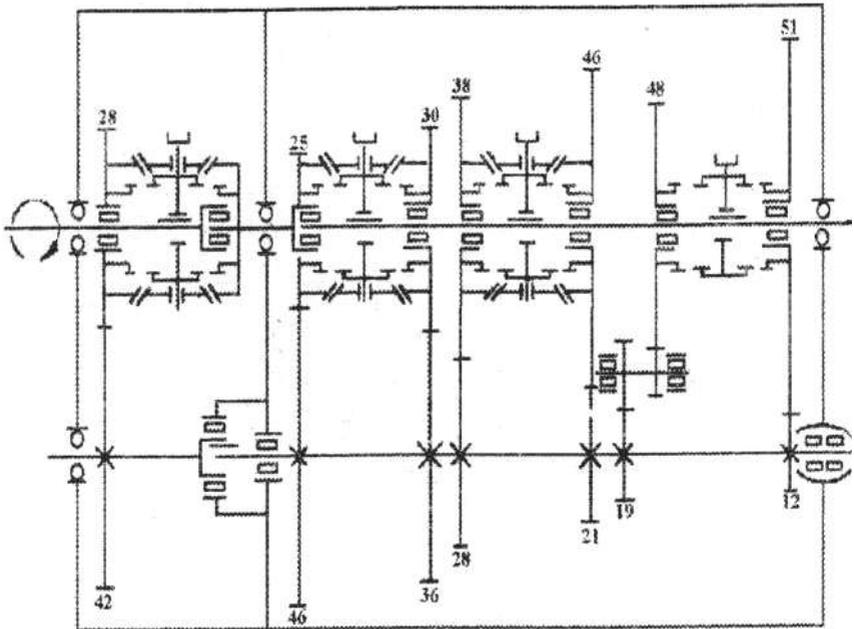


Рисунок 13.6 – Кінематична схема коробки передач автомобіля КАМАЗ-5320

Особливістю коробки передач автомобіля ЗІЛ-130 (рис. 13.7) є те, що вона тривальна. В конструкції передбачено можливість встановлення коробки відбору потужності. На кінематичній схемі (див. рис. 13.7) вказано кількість зубців кожної шестерні.

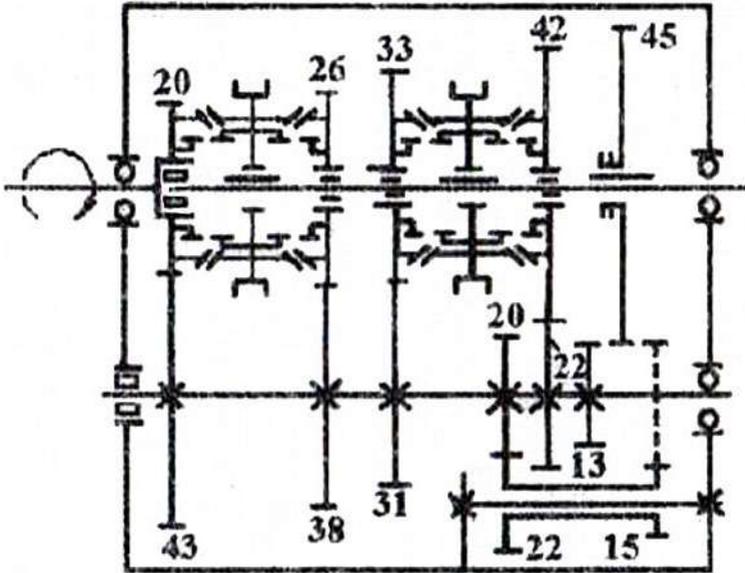


Рисунок 13.7 – Кінематична схема коробки передач ЗІЛ-130

На КП встановлюють синхронізатори. Принцип дії інерційного синхронізатора (рис. 13.8) пов'язано з призначенням – вирівнювання кутових швидкостей з'єднувальних шестірні і вала при вмиканні передачі. Це дозволяє зменшити шум при перемиканні передач, збільшити довговічність коробки передач, полегшити керування нею, прискорити перемикання передач (час перемикання 2–4 с). Можливістю простого синхронізатора є то, що він дозволяє, на відміну від інерційного, перемикання передач при неповному вирівнюванні кутових швидкостей з'єднувальних деталей.

Синхронізатор складається з рухливої муфти 7 (див. рис. 13.8) із зовнішнім зубчастим вінцем (евольвентні шліці) і внутрішнім шліцьовим з'єднанням, за допомогою якого вона зв'язана з валом 11, фіксатора 9, що зв'язує зубчасту муфту з корпусом 4 синхронізатора. Корпус синхронізатора має конусну фрикційну поверхню, часто зі спеціальними

накладками; кут α конуса становить $7-10^\circ$. Конусні поверхні з таким самим кутом мають і вмикні шестерні, встановлені на підшипниках; на шестернях є також внутрішні зубчасті вінці 6 (евольвентні шліци). Керування синхронізатором здійснюється вилчастим важелем через муфту вмикання.

У нейтральному положенні зубчаста муфта синхронізатора утримується вилчастим важелем, а корпус синхронізатора – фіксатором 9, ведені шестерні 10 і 8 при цьому з веденим валом 11 не зв'язані. При вмиканні передачі вилчастий важіль впливає на палець 3 і переміщає зубчасту муфту 7.

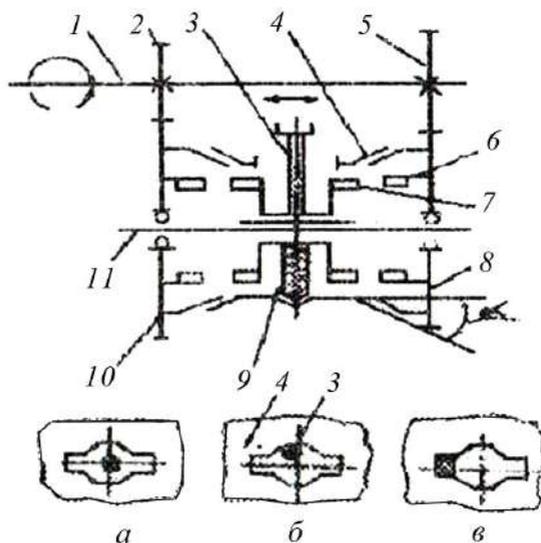


Рисунок 13.8 – Принципова схема інерційного синхронізатора

Упочатковий момент муфта через фіксатор захоплює із собою і корпус 4 з конусом тертя; обидві деталі перемічатимуться як одне ціле доти, доки корпус своєю внутрішньою конічною поверхнею не увійде до зіткнення із зовнішньою конічною поверхнею шестерні 10 або 8. Унаслідок виникаючого тертя між конічними поверхнями кутові

швидкості вмикної шестірні і пов'язаного з муфтою синхронізатора вала *11* поступово вирівнюються. При подальшому збільшенні зусилля на важелі перемикавання передач зубчаста муфта *7* пересувається у бік вминої шестерні, долаючи опір фіксаторів, і входить у зачеплення з внутрішнім зубчастим вінцем шестірні; відбувається вмикання передачі. Обертальний момент із ведучого вала *1* передається через пару шестерень *2, 10* або *5, 8*, зубчасте з'єднання *6* шестерень із муфтою *7* синхронізатора, а потім через шліцьове з'єднання муфти синхронізатора з валом *11*.

Інерційний синхронізатор має спеціальний блокуючий пристрій, виконаний у вигляді фігурного вікна на корпусі *4* синхронізатора; через це вікно проходить палець *3*, нейтральне положення якого показано на рис. 13.8, *а*. Доти, доки не сталося вирівнювання кутових швидкостей сполучених деталей, сила від моменту тертя у буксуючих конусах притискує палець до скосу фігурного вікна і не дозволяє пальцю переміститися далі для вмикання передачі (див. рис. 13.8, *б*). Після вирівнювання кутових швидкостей момент тертя різко падає, з'являється можливість перемістити палець, а разом із ним і зубчасту муфту в положення, відповідне увімкненій передачі (див. рис. 13.8, *в*), фіксатори в інерційному синхронізаторі відіграють допоміжну роль.

Конструкцію інерційного синхронізатора коробки передач наведено на рис. 13.9.

Прості синхронізатори

Простий синхронізатор складається з двох основних елементів:

- вирівнюючого – фрикційного пристрою, що поглинає енергію дотичних сил інерції обертючих мас;
- вмикаючого – зубчастої муфти, що вмикає передачу.

У простому синхронізаторі, на відміну від інерційного, немає блокуючого елемента. Його встановлюють, як правило, на нижчих передачах. Використання простого синхронізатора на цих передачах викликане тим, що саме на них реалізуються великі передавальні числа.

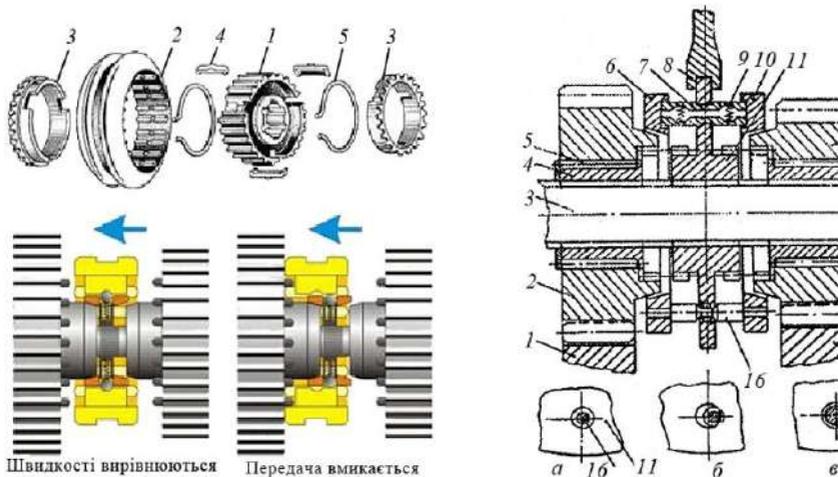


Рисунок 13.9 – Схема синхронізатора коробки передач:

а – положення блокуючого пальця відносно фланця зубчастої муфти при нейтральному положенні синхронізатора; *б, в* – початковий момент вирівнювання кутових швидкостей; *а* – при рівності кутових швидкостей включення передачі

При цьому приведені до конусів синхронізатора інерційний момент і крутний момент зчеплення (в разі його неповного вимкнення), досягають відносно великих величин, що значно подовжує процес перемикання передач через тривале буксування згаданих вище конусів. У цих умовах простий синхронізатор дозволяє увімкнути передачу за короткий проміжок часу з неповним вирівнюванням кутових швидкостей сполучених деталей.

Розглянемо конструкцію простого синхронізатора. Якщо до муфти при увімкненні передачі докласти зусилля, що відразу перевищує опір кульок фіксаторів, то вона підійде до зубчастого вінця шестірні до вирівнювання їх кутових швидкостей, і станеться увімкнення передачі з ударом зубів. Необхідно відзначити, що в простому синхронізаторі фіксатори є основним елементом конструкції, оскільки задають зусилля на конусних поверхнях тертя.

Синхронізатор складається з пересувної зубчастої муфти 11 з фланцем посередині, двох конусних кілець 6 і 10, трьох блокуючих пальців 16 і трьох фіксаторів, що складаються з двох півциліндрів 7 і двох пружин 9 кожен.

Зубчаста муфта (каретка) синхронізатора має два зубчасті вінця (евольвентні шліци), у фланці муфти виконані отвори під блокуючі пальці і фіксатори. Отвори у фланці зубчастої муфти мають конусні фаски, а в середній частині кожного пальця виконана кільцева проточка з такими самими фасками. Блокуючі пальці жорстко з'єднують між собою обидва конусні кільця.

У нейтральному положенні каретка синхронізатора розташована посередині між шестернями, блокуючі пальці займають плаваюче положення (див. рис. 13.9, а), конусні кільця стримуються в нейтральному положенні фіксаторами. При увімкненні передачі вилчастий важіль 8 за фланець переміщає зубчасту муфту 11 до шестірні 2 або 12 вмикної передачі; конусне кільце захоплюється фіксатором і підводиться до зіткнення з конусною поверхнею шестірні. Унаслідок різниці кутових швидкостей шестірні і пов'язаною з валом 3 каретки синхронізатора конусне кільце зрушується відносно фланця каретки, проточки блокуючих пальців 16 стикаються з фасками отворів фланця; блокуючі пальці перешкоджають подальшому переміщенню каретки (див. рис. 13.9, б). Після вирівнювання кутових швидкостей шестірні і конусного кільця (відповідно – і веденого вала 3) фаски блокуючих пальців «звільняються», пальці займають плаваюче положення, каретка дістає можливість подальшого переміщення до вмикної шестірні; долаючи опір фіксатора, вилчастий важіль переміщає каретку до поєднання її зубчастого вінця з внутрішніми зубами шестірні (див. рис. 13.9, в). Таким чином, забезпечується безударність перемикання передач.

Користуючись плакатами і макетами, самостійно вивчити конструкцію та скласти конструктивну схему синхронізаторів коробок передач автомобілів МАЗ, КрАЗ, КАМАЗ.

Користуючись плакатами і макетами, охарактеризувати підшипникові вузли валів цих коробок передач.

Користуючись плакатами і макетами коробок передач, вивчити механізм керування коробок передач, коливний вмикний важіль, установлений на кульовій опорі, повзуни (ходові валики), вилчасті важелі, фіксатори, замковий пристрій, запобіжник заднього ходу. Скласти схему замкового пристрою і фіксаторів.

Користуючись плакатами, вивчити систему змащення наданих коробок передач: розбризкуванням, примусову, комбіновану. Охарактеризувати ущільнення.

Дати аналіз відповідності розглянутих конструкцій коробок передач поставленим вимогам: забезпечення необхідного діапазону передач, раціональне розподіл передавальних чисел, високий ККД, швидкість і легкість перемикання передач, оберігання від самовимкнення і забезпечення неможливості одночасного увимкнення двох передач, надійність, довговічність, простота виготовлення, обслуговування і ремонту.

Для коробок передач, що вивчаються, охарактеризувати матеріали основних деталей, обґрунтувати використання матеріалів (табл. 13.1).

Познайомитися з особливістю автоматичної коробки передач «Борг-Уорнер-35» (рис. 13.10).

Автоматичні коробки передач:

– основна перевага автомата в простоті керування.

Недоліки:

– низький ККД (за рахунок прослизання турбін у масляній ванні);

– збільшена витрата палива;

– складність пристрою, що спричиняє надійність, меншу, ніж у «механіки» і проблеми з ремонтом та обслуговуванням;

– висока вартість;

– динамічні показники нижчі, ніж у МКП;

– проблеми з буксируванням.

У цей час широко застосовується автоматична коробка передач. Вона значно спрощує керування автомобілем. Це особливо помітно в умовах напруженого міського руху. Коробка «автомат» складається з гідротрансформатора і механічної частини. Перемикання передач відбувається автоматично з використанням відцентрового регулятора 15,

залежно від швидкості руху автомобіля та міри натиснення на педаль подачі палива.

Коробка передач «автомат» має три передачі руху вперед і одну назад. Коробка передач включає в себе гідротрансформатор і механічну частину.

Гідротрансформатор призначений для безступеневої зміни обертального моменту (рис. 13.10). Він складається з турбінного колеса 1, насосного колеса 2 і колеса реактора 3, зв'язані за допомогою обгінної

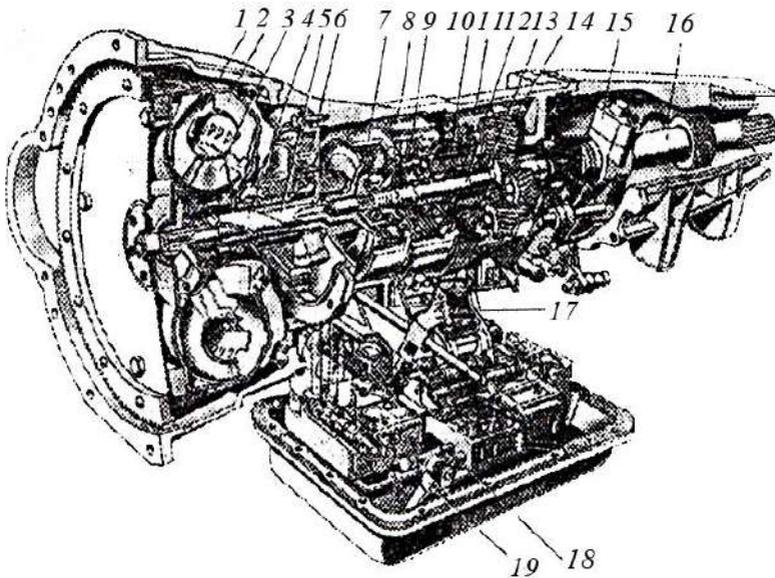


Рисунок 13.10 – Автоматична коробка передач «Борг-Уорнер-35»:

- 1 – турбінне колесо; 2 – насосне колесо; 3 – колесо реактора;
- 4 – вал реактора; 5 – первинний вал планетарного редуктора; 6 – головний масляний насос; 7 – фрикціон II і III передач; 8 – гальмо I і II передач;
- 9 – фрикціон III передачі та передачі заднього ходу; 10 – муфта вільного ходу I передачі; 11 – гальмо заднього ходу; 12 – перший проміжний вал; 13 – другий проміжний вал; 14 – барабан із зубчастим вінцем; 15 – відцентровий регулювальник; 16 – вторинний вал;
- 17 – механізм перемикання передач; 18 – дросельний клапан;
- 19 – кулачок

муфти з нерухомим трубчастим валом 4 редуктора. Насосне колесо 2 жорстко зв'язане з маховиком двигуна і сприймає від нього обертальний момент. Турбінне колесо 1 закріплено на передньому кінці первинного вала 5 планетарного редуктора.

Механічна частина, що складається з планетарного редуктора, призначена для триступеневої зміни і передачі обертального моменту від первинного вала 5 на вторинний вал 16. Для увімкнення першої передачі використовуються гальмо 8 і муфту вільного ходу 10. Для увімкнення другої передачі використовують фрикціон 7 і гальмо 8. Для увімкнення третьої передачі застосовують фрикціони 7 і 9. Для увімкнення заднього ходу використовують фрикціон 9 і гальмо 11.

Основні матеріали деталей коробок наведені в табл. 13.1.

Таблиця 13.1 – Матеріали основних деталей коробок передач

Назва деталі	Матеріали	Примітка
Картер	Чавун СЧ18, СЧ21	
Шестерні передач	Сталь 12ХН3Л, 15ХГН2ТА, 20ХГМ, 25ХГМ, 25ХГТ, 25ХГНР	Цементация, загартовування, НРС 60...62
Допоміжні шестерні	Сталь 35Х, 40Х, 45	Гартування
Ведучий вал	Сталь 15ХГН2ТА, 18ХГТ, 20ХГНМ, 30ХГТ	Цементация, загартовування
Вали проміжний і вторинний	Сталь 25ХГТ, 35Х, 38ХС	
Вісь заднього руху	Сталь 40Х, 45	
Каретка синхронізатора	Сталь 15ХГН2ТА, 25ХГТ, 25 ХГМ, 40Х	Цементация, загартовування
Конус тертя	Сплав ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	

Роздавальні коробки

Завдання:

- класифікувати роздавальні коробки автомобілів ГАЗ-66, КрАЗ-255Б, КрАЗ-260 відповідно до прийнятої системи класифікації (рис. 13.11).
- вивчити кінематику роздавальної коробки автомобіля ГАЗ-66 (рис. 13.12). Вказати силові потоки при різних режимах роботи, визначити передавальні числа.
- вивчити конструкцію роздавальної коробки, користуючись плакатами. Використовуючи плакати і макети, самостійно скласти кінематичні схеми роздавальних коробок автомобілів КрАЗ-255Б, КрАЗ-260. Виділити й описати основні вузли вказаних роздавальних коробок.



Рисунок 13.11 – Класифікація роздавальних коробок передач

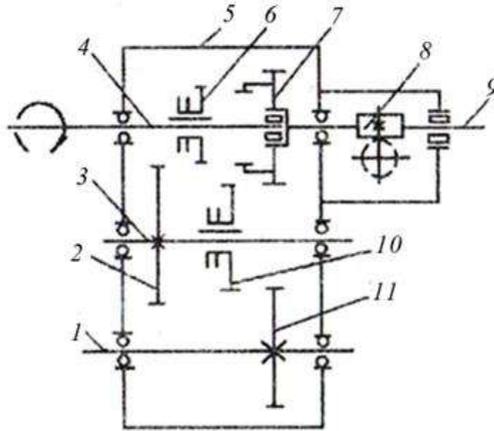


Рисунок 13.12 – Кінематична схема роздавальної коробки автомобіля ГАЗ-66:

- 1 – вал приводу переднього моста; 2 – ведена шестірна знижувальної передачі;
 3 – проміжний вал; 4 – ведучий вал (первинний); 5 – картер; 6 – шестірна ведучого вала; 7 – шестірна веденого вала; 8 – привід спідометра; 9 – ведений вал (вал приводу заднього моста); 10 – шестірна рухлива проміжного вала;
 11 – ведена шестірна приводу переднього моста

Модель РК із блокованим приводом наведена на рис. 13.13.

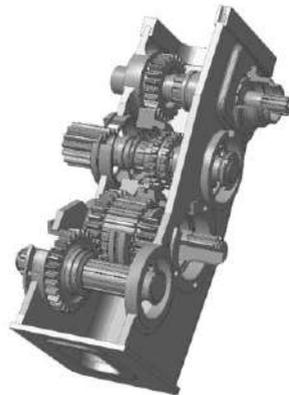


Рисунок 13.13 – 3D-модель РК

Контрольні запитання

1. Призначення КП, їх місце в трансмісії автомобіля.
2. Основні ознаки класифікації коробок передач.
3. Найбільш поширені типи автомобільних КП.
4. Вибір діапазону та кількості передач залежно від призначення автомобіля.
5. Основні вузли і деталі КП.
6. Механізм перемикання передач. Замковий пристрій, фіксатори, запобіжний пристрій.
7. Принцип дії, конструкція, робота синхронізатора КП.
8. Підшипникові вузли.
9. Ущільнення КП. Система змащення.
10. Регулювання та технічне обслуговування.
11. Матеріали основних деталей КП.
12. Основні вимоги і відповідність ним КП по завданню.
13. Перспективні конструктивні рішення КП автомобіля.
14. Призначення РК, її місце в трансмісії автомобіля.
15. Основні ознаки класифікації РК та її перспективи розвитку.
16. Класифікація наданої РК, її кінематика. Передавальні числа.
17. Основні вузли і деталі РК. Конструкція та робота.

Лабораторна робота 14

КОРОБКА ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ

Мета роботи – вивчити типи коробок відбору потужності (КВП), що застосовуються на автомобілях: загальна будова, призначення та робота механізму.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати з конструкції КВП;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій сучасних КВП;
- КВП у розрізі;
- автомобілі.

Завдання до роботи:

- визначити типи КВП, що використовуються в цей час на сучасних автомобілях;
- вивчити складові частини КВП. Вказати їх призначення;
- визначити та подати схеми КВП та їх приводу;
- вивчити сучасні системи керування КВП.

Загальні відомості

Коробка відбору потужності – елемент вантажного автомобіля та спеціальної техніки, що служить для приводу робочих органів за допомогою гідронасоса або карданного вала.

КВП є пристроєм, за рахунок якого момент двигуна силової установки, передається на робочу техніку: насоси, лебідки, компресорні установки та ін. Призначення коробки відбору потужності – рухати робочу техніку через саму коробку або проміжний механізм (карданний вал або гідравлічний насос). Такий пристрій не є обов'язковим вузлом КП.

Коробки відбору потужності розрізняють за такими параметрами:
– кількість ступенів у пристрої;

- значення передавального числа;
- кількість валів та їх розміщення;
- з реверсом і без нього;
- різновид системи керування.

Останній параметр у свою чергу поділяється на такі: електропневматичні, механічні чи гідравлічні.

До того ж, є залежні та незалежні КВП. Перші вмикаються виключно при стиснутій педалі зчеплення. Вони по суті об'єднані з коробкою передач. Не можна задіяти цей вузол, коли техніка рухається. З позитивних якостей цього варіанта можна відзначити економію потужності двигуна і невелику вагу пристрою.

Коробка відбору потужності незалежного типу – в необхідна ад же вона повноцінно функціонує на рухомому автомобілі чи нерухомому з увімкненим або вимкненим зчепленням. Зазначені моделі сумісні зі силовими установками та КП будь-якого виду. Аналогічна ситуація з їхньою керуючою системою, вона може бути різною.

Наприклад, на основних пожежних автомобілях, що мають спеціальні агрегати (пожежний насос), крім основної трансмісії для приводу ведучих коліс встановлюють додаткову трансмісію. Як правило, на пожежних автомобілях для приводу спеціальних агрегатів використовуються двигуни базового шасі. Тільки на пересувних насосних станціях, пожежних автомобілях аеродромної служби (важкого типу) та деяких ПА з ЕСУ є окремий двигун для приводу насоса.

На пожежних автомобілях, наприклад, встановлюють такі види додаткових трансмісій:

- механічні;
- гідравлічні;
- електричні;
- комбіновані.

Для приводу пожежного насоса найбільше поширення має додаткова механічна трансмісія, що складається з КВП, карданних валів,

проміжних опор і системи керування трансмісією. КВП за схемою першого варіанта встановлюють замість кришок коробки передач.

КВП за схемою другого варіанта виконують у вигляді окремого редуктора.

КВП встановлюють у трансмісіях за схемою третього варіанта замість кришки на роздавальній коробці.

Застосування КВП поширене на багатьох вантажних автомобілях різного призначення. Привід може бути організований так.

Класифікацію КВП за даними фірми ZF наведено в табл. 14.1.

Таблиця 14.1 – Застосування КВП

	N.../1	N.../4	N.../10	NMV	N.../PL	
	Приведені від зчеплення			Приведені від двигуна	Синхронний (залежний від	Декілька приводів
Самоскид	■	■				
Вантажний кран	■	■				
Шарнірна опора	■	■				
Автомобіль-цистерна для сипучих вантажів і палива	■		■			(x)
Сміттєзбірник			■			
Пожежна машина			■	■		(x)

Продовження табл. 14.1

Бетононасос			■	■		(x)
Автомобілі для миття та відкачування бруду			■	■		(x)
Бетонозмішувач				■		
Автокран (деякі керовані осі з та/або другим контуром кермового керування)			■		■	(x)

Можливі варіанти 3-х типів приводу КВП (рис. 14.1).



Привід від зчеплення



Привід від двигуна



Синхронний (від режиму роботи)

Рисунок 14.1 – Варіанти типів приводу КВП

Типи варіантів КВП та їх приводів наведено на рис. 14.2.

N...J1	<i>Простий × економічний × вантажопідійомний × безперервна експлуатація</i>	Привід від зчеплення
N...J4	<i>Зміщення осі (вільне місце для карданного вала) × більші висока кількість обертів × короткочасний режим роботи</i>	
N...J10	<i>2 приводи × кілька передаточних відношень × дуже вантажопідійомний × безперервна експлуатація</i>	
N...JPL	<i>При їзді відразу в експлуатації × економічне місце × можна комбінувати з іншими КВП × ідеально для систем кермового керування з 2-ма контурами</i>	Синхронний
NMV	<i>Прямий електропривід × найвища вантажопідійомність × безперервна експлуатація × перемикається під навантаженням</i>	Привід від двигуна

Рисунок 14.2 – Основні характеристики типів (варіантів) КВП

Приклади використання:

– самоскид, вантажний кран, змінний контейнер (рис. 14.3);

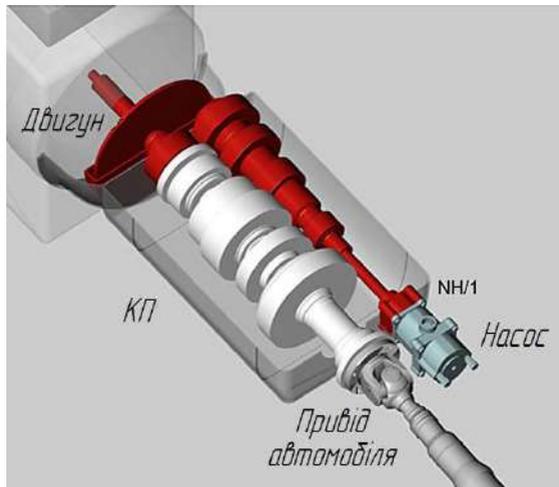


Рисунок 14.3 – КВП для самоскида, вантажного крана, змінного контейнера

– автомобіль-цистерна для сипучих вантажів (рис. 14.4);

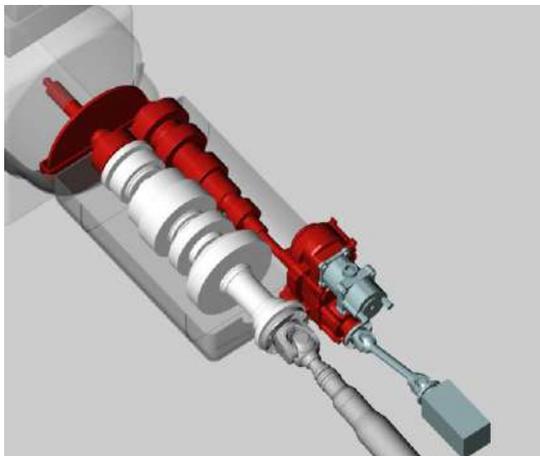


Рисунок 14.4 – КВП автомобіля-цистерни для приводу насосів транспортування сипучих вантажів

– збирання (пресування) сміття (рис. 14.5);

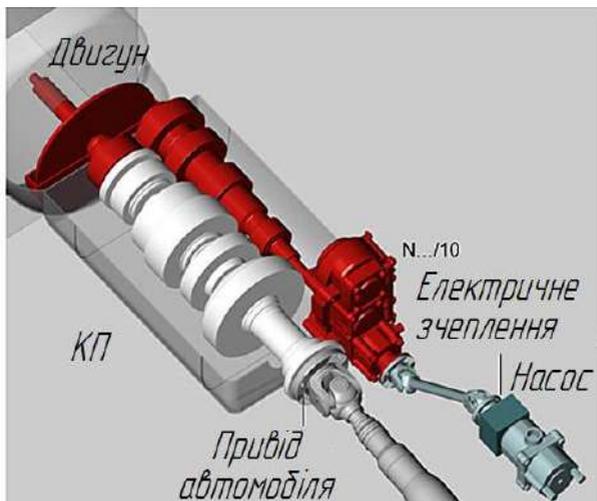


Рисунок 14.5 – КВП із приводом пристроїв для збирання (пресування) сміття – пожежні автомобілі для аеродромів

– для пожежних машин (рис. 14.6);

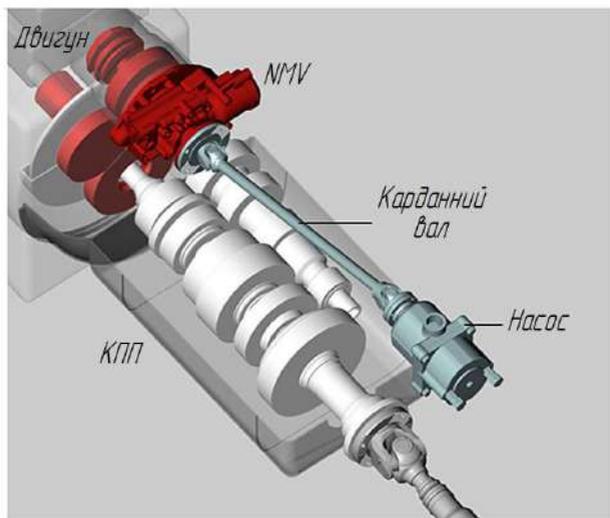


Рисунок 14.6 – КВП пожежних автомобілів для аеродромів

– бетононасос (рис. 14.7);

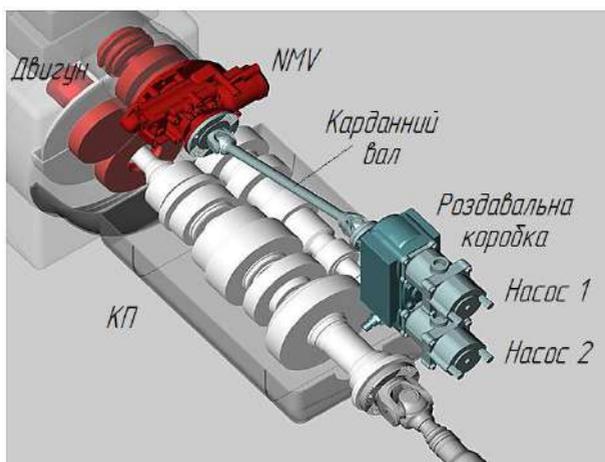


Рисунок 14.7 – Привід КВП бетононасосів

– автомобіль для миття/відкачування бруду (рис. 14.8);

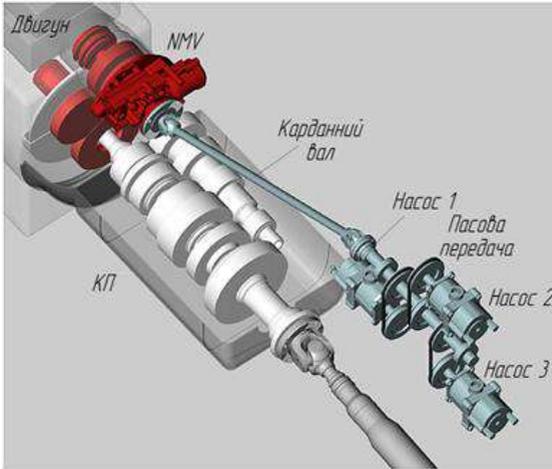


Рисунок 14.8 – Автомобіль із приводом КП насосів для миття/відкачування бруду

Схему функціонування КПВ, що приводиться від зчеплення, представлено на рис. 14.9.

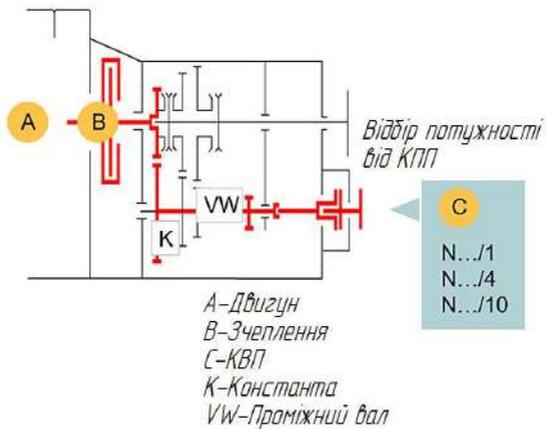


Рисунок 14.9 – Схема приводу функціонування КПВ

КВП, що приводяться від зчеплення N.../10

Для всіх КВП, що приводяться від зчеплення:

- вмикання пневматичним циліндром (рис. 14.10);
- вимкнення за допомогою пружної пружини.

Приведення в дію виконується з кабіни через електричний або пневматичний сигнал керування.

Датчик на КВП враховує фактичне положення поршня та інформує водія про вмикання приводу:

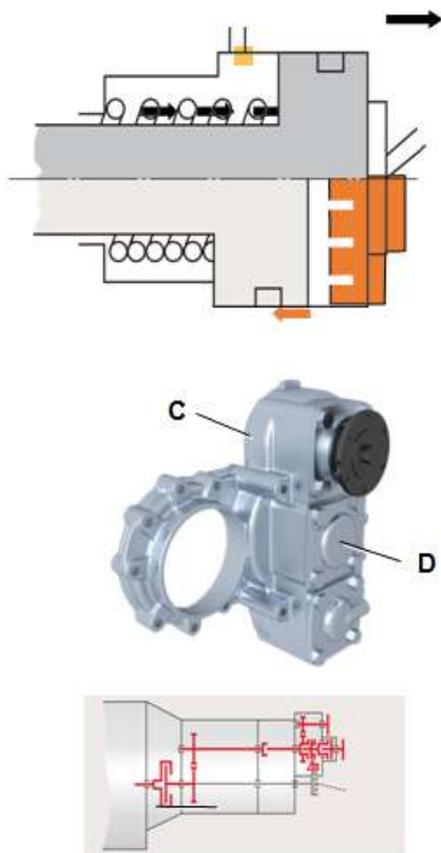


Рисунок 14.10 – КВП, що приводиться від зчеплення

Можливий варіант використання приводу *C* або *D*. При цьому змінюється напрямок обертання.

Синхронний КВП

Тип *N ... PL* активний, поки обертаються колеса автомобіля. Він може приводити в дію насос кермового керування.

- Тип: *N ... PL* для синхронного приводу (рис. 14.11):
- насос кермового керування (наприклад, автокрана), запасні насоси кермового керування (автомобілі спеціального призначення, навісне обладнання);
- напрямок обертання приводу – як у двигуна;
- режим експлуатації – безперервна робота;
- жодного перемикавання, постійно обертається разом із колесами;
- частота обертання залежить від швидкості руху.

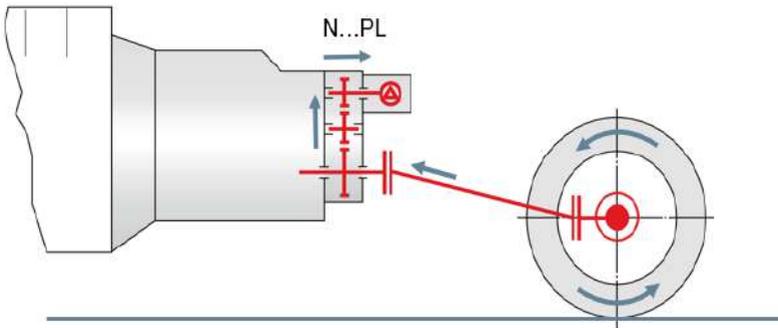


Рисунок 14.11 – Синхронний КВП

Функціонування КВП, що приводиться від двигуна (NMV 221) – спеціальна муфта зчеплення з прямим наскрізним приводом для NMV (рис. 14.12).

Особливості конструкції:

- багатодискове зчеплення, кероване гідравлічним приводом, що перемикається під навантаженням;
- клапан керування пневматичний;
- масляний насос (із фільтром для гідравлічного багатодискового зчеплення);
- фланець коробки відбору потужності *NMV*;
- порожнистий вал із циліндричним зубчастим колесом.

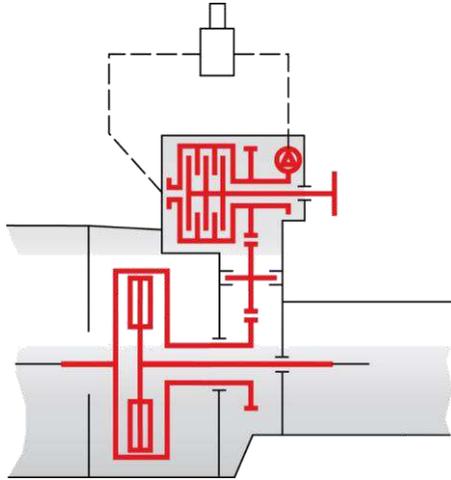


Рисунок 14.12 – Функціонування КВП при приводі від двигуна (NMV 221)

Варіанти зазначеного виконання та основні параметри КВП наведено на рис. 14.13.



N.../1



N.../4



N.../10



NPL



КВП	Допустимий крутний момент	9 S 1110 TD	9 S 1310 TO
		12,91-1,0	9,62-0,75
Тип	Нм	Коефіцієнт f	
NH/1	800	0,72	0,97
NH/4	430	0,92	1,24
N 109/10 „С“	410-630	0,88-1,42	1,19-1,90
N 109/10 „D“	NL/1	0,72	0,97
	NL/4	0,92	1,24
N 109 PL	-	Коефіцієнт $g=1,85$	

Рисунок 14.13 – Варіанти виконання та параметри КВП

Італійська фірма *OMFB* виготовляє КВП для багатьох автомобілів (рис. 14.14). Конструкції відрізняються виконанням. При цьому враховуються параметри коробок передач, роздавальних коробок. Відрізняються також системи керування.



Рисунок 14.14 – Варіанти КВП фірми *OMFB* для різних автомобілів

Варіант одного з виконань КВП фірми *OMFB* подано на рис. 14.15.



Рисунок 14.15 – КВП фірми *OMFB*

Робочий діапазон, наведений на рис. 14.16, вказується заздалегідь.

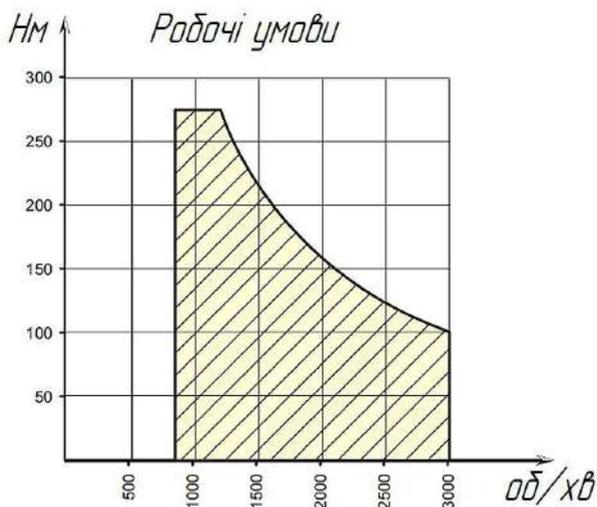


Рисунок 14.16 – Залежність моменту від обертів робочого діапазону

Приклад конструктивних параметрів КВП зображено на рис. 14.17.

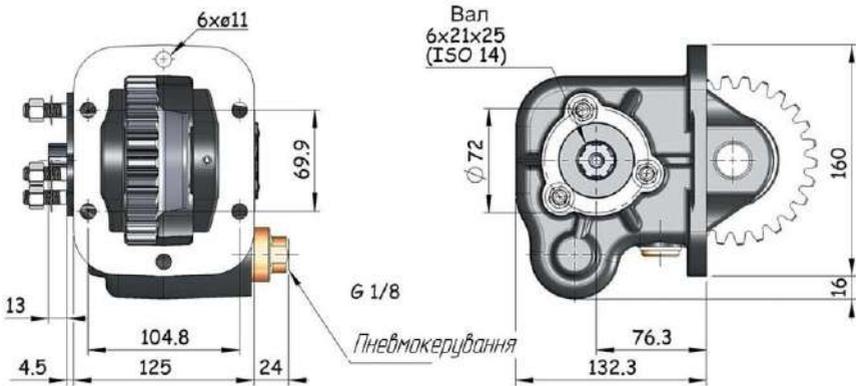


Рисунок 14.17 – Основні конструктивні розміри КВП

Дані виробника за цим варіантом виконання КВП наведено у табл. 14.2.

Таблиця 14.2 – Дані виробника щодо КВП YAMZ 236

Тип КВП	Код КВП	Версія	Частота обертання КВП при 1000 об/хв	Максимальний момент, Н·м	Монт. фланець	Вихід	Обертання	Монт. набір	Маса, кг
YAM Z 236	86-71-139	13	950	280	правий	Ззаду	За год. стрілкою	154-3-3053	7,6

Поломки, які періодично виникають із коробкою, бувають різні. Потрібно розуміти, як працює коробка відбору потужності у початковому стані, щоб вчасно помітити перебої. Деякі можна виявити самостійно та виправити, не відправляючи автомобіль у сервіс-центр. Ось деякі з таких несправностей:

- збільшений шум – причиною може бути некоректне зачеплення шестерень;

- механізм не вмикається, труїть повітря – потрібно перевірити, чи не пошкоджена діафрагма в камері пневматичного керування;

- вузол неможливо увімкнути повністю – ймовірно, вийшла з ладу зворотна пружина;

- протікання робочої рідини на фланцях – замітився сапун або виробилися ущільнення.

За більшої частини інших несправностей потрібно вдатися до допомоги професійних майстрів, які використовують спеціальну техніку для перевірки та ремонту.

Контрольні запитання

1. Призначення КВП.
2. За якими параметрами розрізняють КВП?
3. Наведіть класифікацію КВП за даними фірми ZF.
4. Які ще фірми виготовляють КВП?
5. Які типи приводів КВП існують?
6. Наведіть основні характеристики типів (варіантів) КВП.
7. Які Ви знаєте приклади використання КВП?
8. Детально опишіть схему функціонування КВП.
9. Варіанти систем керування КВП.
10. Наведіть основні конструктивні параметри КВП.
11. Як контролюється вмикання КВП?
12. Що означає синхронний привід КВП?
13. Які можуть бути відмови КВП?
14. Як здійснюють підключення КВП від коробки передач і раздавальної коробки?

Лабораторна робота 15 **АВТОМАТИЧНІ ЗЧЕПЛЕННЯ**

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу сучасних автоматичних зчеплень, що використовуються в трансмісіях автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції автоматичних зчеплень;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій автоматичних зчеплень;
- автоматичне зчеплення в розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити конструкцію та порядок роботи автоматичних зчеплень;
- визначити особливості конструкцій і порядок роботи здвоєних зчеплень;
- визначити момент, який може передати зчеплення заданого легкового та вантажного автомобілів.

Загальні відомості

Автоматизація роботи фрикційних дискових зчеплень виконується з метою спрощення та полегшення процесів рушення автомобіля та перемикання передач під час руху. Частота використання зчеплення досить велика. У міських умовах за інтенсивного руху легковий автомобіль здійснює понад 100 зупинок на 100 км пробігу, водій робить більше 1000 перемикань передач. На міських автобусах перемикання передач відбувається з більшою інтенсивністю: до 3000 перемикань на 100 км пробігу.

Актуальність автоматизації роботи зчеплення обумовлена і постійним удосконаленням конструкції автомобіля, що супроводжується зростанням показників динамічних властивостей, збільшенням пасажиромісткості та вантажопідйомності транспортних засобів.

Автоматичне зчеплення забезпечує виконання без участі водія таких основних складових діяльності з керування зчепленням:

- вибір моменту вмикання зчеплення та регулювання моменту тертя у зчепленні $T_{зч}$ при рушенні автомобіля з місця;

– вибір моментів вимкнення – увімкнення зчеплення під час перемикання передач;

– вибір моменту вимкнення при зупинці автомобіля.

У кожному із зазначених випадків водій не бере участі у процесах вибору темпу зміни моменту тертя зчеплення та моментів вмикання – вимкнення зчеплення. Датчики та прилади автоматичної системи керування дозволяють оцінювати і враховувати різноманітні фактори: швидкість та умови руху, режим роботи двигуна, увімкнину передачу та інші.

До роботи автоматичного зчеплення додатково ставляться вимоги:

– швидке (за час менше 0,25 с) вимкнення зчеплення та плавне, відповідно до заданого законом зміни $T_{зч}$, вмикання після перемикання передач;

– вимкнення зчеплення при зменшенні кутової швидкості обертання колінчастого вала до обертів холостого ходу $\omega_{хх}$.

Для сучасних систем автоматичного керування (САК) роботою зчеплення характерним є поділ за ступенем автоматизації робочого процесу, обґрунтованою доцільністю використання САК та конструктивними особливостями транспортного засобу.

У повністю автоматичному зчепленні закон зміни $T_{зч}$ формується залежно від поєднання параметрів роботи двигуна, трансмісії та режиму руху автомобіля за допомогою систем керування, що включають чутливі елементи (датчики), процесор, комутуючі та виконавчі пристрої. У деяких випадках автоматизація роботи зчеплення може стосуватися окремих режимів роботи, наприклад, при перемиканні передач.

Здебільшого під час вирішення завдань автоматизації роботи зчеплення використовують кілька конструктивних типів зчеплень.

Дискове зчеплення з відцентровим механізмом (відцентрове зчеплення) забезпечує суттєве спрощення керування. Рушання автомобіля з місця відбувається без натискання на педаль зчеплення, автоматично, зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна. При зменшенні обертів двигуна зчеплення автоматично вимикається та запобігає зупинці двигуна. У зчепленні з відцентровим механізмом (рис. 15.1) регулювання моменту тертя забезпечується залежно від обертів колінчастого вала двигуна. Колінчастий вал двигуна жорстко з'єднується з кожухом I , на якому розташовані шарнірні опори 5

вантажів 4. Відцентрова сила вантажів 4 передається на реактивний диск зчеплення 8.

При холостому ході двигуна ($\omega_e = \omega_{xx}$) відтисні пружини 7 долають сумарну відцентрову силу вантажів 4, реактивний диск 8 зміщується праворуч та діє на штифт 6. Одночасно зміщується праворуч жорстко зв'язаний зі штифтом 6 натискний диск 3. Зчеплення вимкнено.

При збільшенні обертів двигуна відцентрова сила $F_{ц}$ вантажів 4 передається на реактивний диск 8. Диск 8 зміщується ліворуч, долаючи силу F_0 відтиснених пружин 7, що опираються на нерухому жорстко з'єднану з кожухом 1 опору. Натискні пружини 9 стискаються.

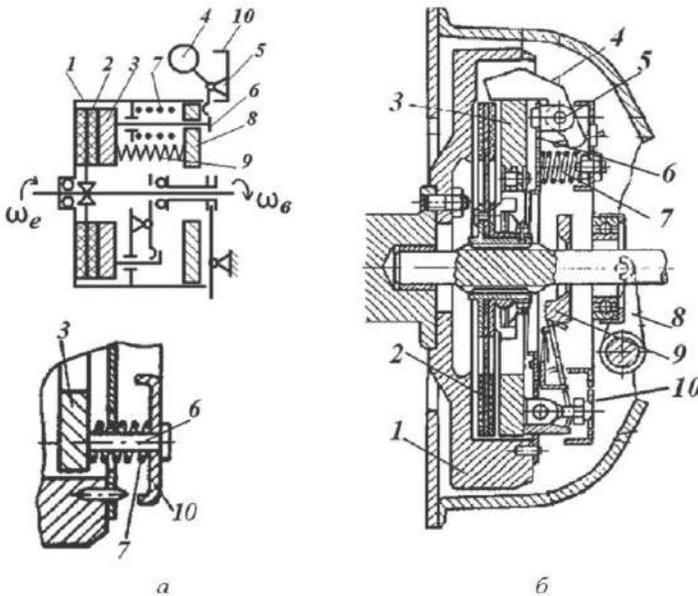


Рисунок 15.1 – Дискове зчеплення з відцентровим механізмом:
а – схема; б – конструкція

Натискний диск 3 притискає ведений диск 2 до маховика. Момент тертя зчеплення $T_{зч}$ збільшується пропорційно квадрату кутової швидкості колінчастого вала:

$$T_{зч} = f(\omega_e^2).$$

Максимальна величина $T_{зч}$ визначається максимальною величиною пружних сил пружин 9, деформація яких обмежена переміщенням вантажів 4 до упорів 10.

Дискове електромагнітне зчеплення з обертовим осердям забезпечує реалізацію будь-якого закону зміни моменту тертя $T_{зч}$, який задається зміною силового сигналу – величини сили струму або напруги в обмотці збудження. Незважаючи на збільшення витрат енергії, простота конструкції зчеплення та спосіб формування заданої характеристики $T_{зч}$ забезпечують можливість його застосування на автомобілях з невеликою масою. Електромагнітне зчеплення з обертовим (рухомим) осердям (рис. 15.2, а, б) складається з маховика 1 з кожухом 4 і жорстко закріпленим на ньому нерухомим якорем електромагніта 5.

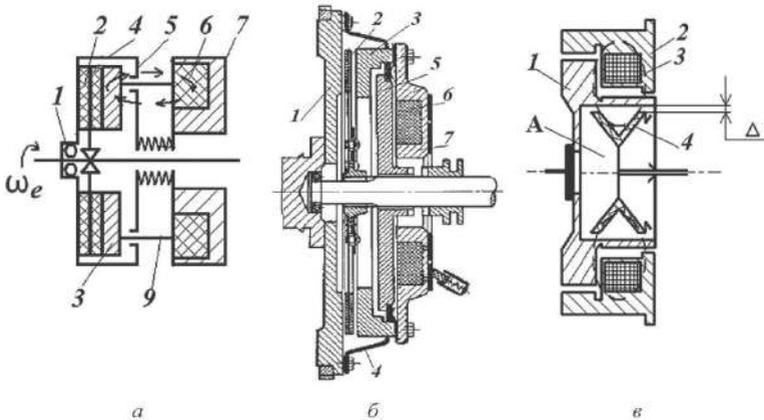


Рисунок 15.2 – Електромагнітне зчеплення:

а – схема з обертовим осердям; б – конструкція з обертовим осердям;
в – з порошковим феронаповнювачем

Рухоме осердя 7 з розташованою всередині нього кільцевою обмоткою збудження 6 кріпиться до натискного диска 3 за допомогою шпильок 9. При подачі на обмотку збудження 6 напруги живлення виникає електромагнітне поле, і осердя 7 притягується до якоря 5, а натискний диск 3 притискає ведений диск 2 до маховика 1. Величина моменту тертя залежить від густини магнітного потоку B і від величини активної площі полюсів електромагніта S :

$$T_{зч} = 0,0406 \cdot B^2 \cdot S.$$

Електромагнітне зчеплення з порошковим феронаповнювачем (рис. 15.3) складається з нерухомого корпусу 2, закріпленого на картері зчеплення. У корпусі 2 встановлено обмотку збудження 3. Ведуча частина зчеплення 1 з'єднується з колінчастим валом двигуна, а ведена частину – ротор 4, закріплено на веденому валу. Порожнина А зчеплення та зазор Δ заповнені порошком хімічно чистого заліза. При збудженні струму в обмотці 3 частинки порошку заліза утворюють «жорсткі нитки», що з'єднують ведену частину зчеплення 4 з ведучою частиною 1. Міцність ниток визначає момент тертя зчеплення $T_{зч}$ і залежить від величини напруженості магнітного поля, створюваного обмоткою збудження 3. Величина моменту тертя зчеплення $T_{зч}$ регулюється силою струму обмотки збудження за допомогою системи керування, що забезпечує необхідну інтенсивність зміни $T_{зч}$.

Електромагнітне порошкове зчеплення (рис. 15.3) набуло деякого поширення на автомобілях малого класу.

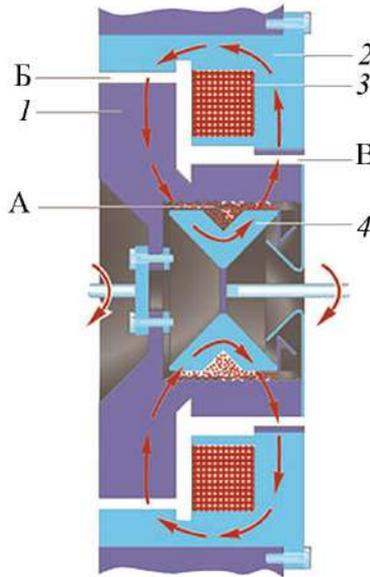


Рисунок 15.3 – Електромагнітне порошкове зчеплення:
 А, Б, В – зазори; 1 – ведуча частина; 2 – нерухомий корпус;
 3 – обмотка збудження; 4 – ведена частина

Ведучим елементом зчеплення є маховик із закріпленими на ньому магнітопроводами з обмотками збудження. Ведений диск закріплений на ведучому валу коробки передач. Між магнітопроводами і веденим диском є повітряний зазор, в який вводиться спеціальний фрикційний порошок, що має високі магнітні властивості. За відсутності струму в обмотках збудження між ведучими та веденими елементами зчеплення силового зв'язку немає – зчеплення вимкнено. Якщо до обмоток збудження підводиться електричний струм, то за рахунок утворення магнітного поля частинки порошку вишиковуються по силових лініях магнітного поля, і створюється силова взаємодія між ведучими та веденими елементами зчеплення. Силовий зв'язок залежить від сили струму, що надходить в обмотку збудження. Основна перевага такої конструкції полягає в тому, що керування зчепленням можна перенести з педалі зчеплення на ручний, кнопковий варіант керування, що є актуальним для водіїв з обмеженими фізичними можливостями.

Автоматична електронна система керування зчепленням

Зчеплення з електронною системою керування застосовуються на автомобілях, оснащених роботизованою або механічною КП. При використанні автоматичного зчеплення з електронною системою керування (ЕСК) водій перемикає передачі, але не витискає педаль зчеплення. Педаль зчеплення може бути відсутня.

Зчеплення вмикається та вимикається при рушанні, перемиканні передач та зупинці автомобіля автоматично, за допомогою електрогідравлічних або електромеханічних виконавчих механізмів (ВМ). ВМ працюють відповідно до силових сигналів електронного блока керування (ЕБК), що зчитує та обробляє інформацію від датчиків реєстрації параметрів робочих процесів двигуна й агрегатів трансмісії, положення педалі гальма, положення та швидкості переміщення важеля коробки перемикання передач та ін. Обробка сигналів датчиків здійснюється за допомогою спеціальних програм системи керування.

Важливими перевагами розглянутого зчеплення з ЕСК є відносна простота конструкції та зниження витрат підприємства-виробника. При його використанні практично не потрібно змінювати конструкцію механізму та приводу вимкнення зчеплення, коробки передач і механізму перемикання передач.

Автоматична система з електронним керуванням забезпечує використання конструкцій дискових механізмів зчеплення постійно замкнутого типу з центральними або периферійними натискними пружинами. Принципову схему ЕСК зчеплення з пневматичним виконавчим механізмом (ВМ), що працює від розрядження, створеного в зовнішньому джерелі енергії, показано на рис. 15.4.

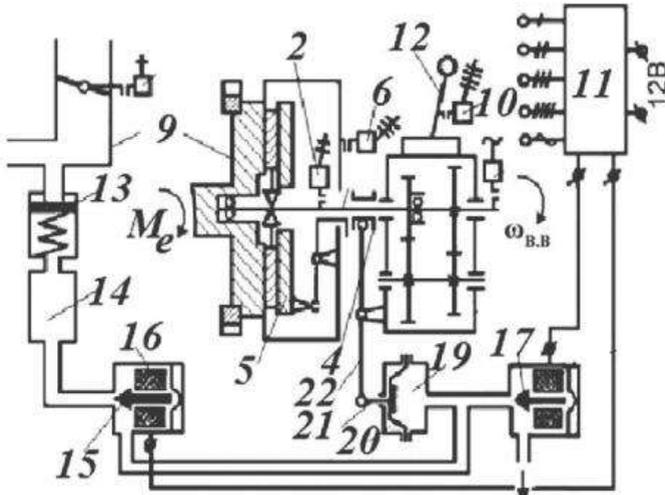


Рисунок 15.4 – Електронна система керування

ВМ системи автоматичного керування є вакуумна камера 20, для роботи якої використовується розрядження, створюване у вакуумному ресивері 14. Вакуумний ресивер 14 живиться від впускного колектора 9 через зворотний клапан 13, що забезпечує розрядження в приводі ІМ для декількох вимкнень зчеплення при непрацюючому двигуні. Залежно від тиску в порожнині 19 ВМ змінюється положення діафрагми та пов'язаного з нею штока 21, що діє на вилку вимкнення зчеплення, і регулюється величина моменту тертя зчеплення $T_{зч}$.

Роботою вакуумної камери керують два електромагнітні клапани. Впускний (вакуумний) нормально закритий клапан 15 з

електромагнітною обмоткою 16 з'єднує порожнину вакуумного ресивера 14 з порожниною регульованого тиску 19 ВМ 20. Шток випускного (атмосферного) нормально відкритого клапана 17 з'єднує порожнину 19 з атмосферою. Робота клапанів 15 і 17 залежить від сигналів датчиків 6, 2 і 24 (відповідно частоти обертання колінчастого вала, веденого диска та вторинного вала КП). При відкритому клапані 15 та закритому клапані 17 тиск у порожнині 19 зменшується, і починається процес вимикання зчеплення, момент тертя $T_{зч}$ зменшується. При відкритому клапані 17 та закритому клапані 15 тиск у порожнині 19 поступово, відповідно до заданого закону зміни, збільшується до атмосферного, відбувається процес вмикання зчеплення. Шток 21 вакуумної камери 20 через вилку вимикання 22 впливає на натискний підшипник 4, що переміщує натискний диск зчеплення 5.

Мікропроцесорний електронний блок керування (ЕБК) 11 здійснює обробку інформації від усіх елементів системи керування і пов'язаний з програмованим постійним запам'ятовуючим пристроєм (ПЗП), в якому зберігається програма алгоритмів, стандартні програми та інші дані. Оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) використовується для зберігання результатів проміжних обчислень, поточних значень змінних та інших даних. Робота системи в режимі часу підтримується за допомогою таймера, що забезпечує реалізацію тимчасових затримок і своєчасну подачу силових і керуючих сигналів. Зв'язок між керуючими елементами системи та виконавчими пристроями (електромагнітними клапанами) здійснюється через «порти» введення-виведення інформації та каскади підсилювачів. ОЗП, порти і таймер конструктивно виконані у вигляді великої інтегральної схеми.

При дії на важіль перемикавання передач 12 відбувається примусове вимикання зчеплення в результаті замикання контактів датчика 10. Для виключення нечіткої роботи зчеплення в цей момент застосовується затримка пристрою розриву кола.

На рис. 15.5 наведено схему автоматичного приводу зчеплення англійської фірми *Automotive Products*, що реагує на величину відкриття

дросельної заслінки двигуна. Цю систему засновано на такій концепції – зчеплення вмикається, як тільки водій береться за важіль перемикавання передач, і вмикається знову, коли здійснено перехід на чергову передачу. Закон зміни моменту зчеплення формується на основі сигналів із датчиків, які видають інформацію про стан педалі подачі палива та хід штока робочого циліндра приводу зчеплення.

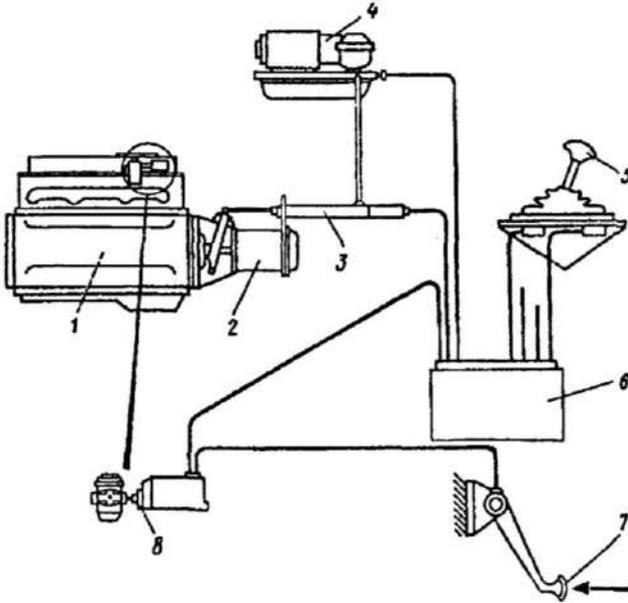


Рисунок 15.5 – Схема автоматичного приводу зчеплення фірми *Automotive Products*:

- 1 – двигун; 2 – механічна КП; 3 – робочий циліндр;
- 4 – гідравлічний блок живлення; 5 – важіль перемикавання передач;
- 6 – ЕБК; 7 – педаль подачі палива;
- 8 – регулятор положення дросельної заслінки

Прикладом системи, що реагує на частоту обертання колінчастого вала, є електронно-гідравлічна система *ACTS* (рис. 15.6), яка розроблена фірмою *Automotive Products*.

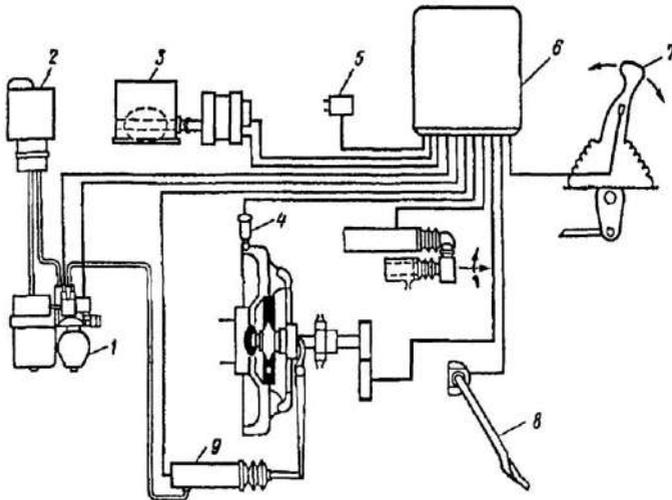


Рисунок 15.6 – Електронно-гідралічна система ACTS:

- 1 – гідралічний блок; 2 – резервуар гідросистеми; 3 – електродвигун;
 4 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 5 – датчик положення дросельної
 заслінки; 6 – ЕБК; 7 – важіль перемикання передач; 8 – педаль подачі палива;
 9 – привід важеля вимкнення зчеплення

Система ACTS має досить широкі функціональні можливості, що певною мірою наближає досягнений за її допомогою комфорт керування повністю автоматичними трансмісіями. Однак і ця, і подібні їй системи помітно здорожують і ускладнюють конструкцію автомобіля.

Зчеплення в складі автоматичної коробки DSG та її аналога PSG

Конструкцію автоматичної коробки DSG, яка встановлюється на автомобіль «Ауді ТТ», та її аналога PSG наведено на рис. 15.7. У ній об'єднані дві звичайні КП, причому кожна зі своїм зчепленням. «Перша» КП відповідає за вмикання непарних передач (першої, третьої та п'ятої), «Друга» – парних: другої, четвертої і шостої, що дає можливість вмикати дві передачі одночасно. Під час розгону на першій передачі шестерні другої вже знаходяться в зачепленні, але обертаються вхолосту. Коли комп'ютер визначає час перемикання, два гідроприводи одночасно відпускають перше зчеплення і замикають друге. Тепер активна друга

передача, і КП заздалегідь уводить у зачеплення шестерні наступної, третьої передачі. І так далі – до шостої. Причому одночасно з шостою КП увімкне і п'яту передачу – на той випадок, якщо оберти двигуна знизяться та знадобиться більше тяги. Натискання на газ – і за 0,2 с синхронний «танець» двох зчеплень перекине тягу назад, з шостої на п'яту. Все це дозволяє уникнути ривків, оскільки з двома зчепленнями перемикання відбуваються без розриву потоку потужності від двигуна до коліс.

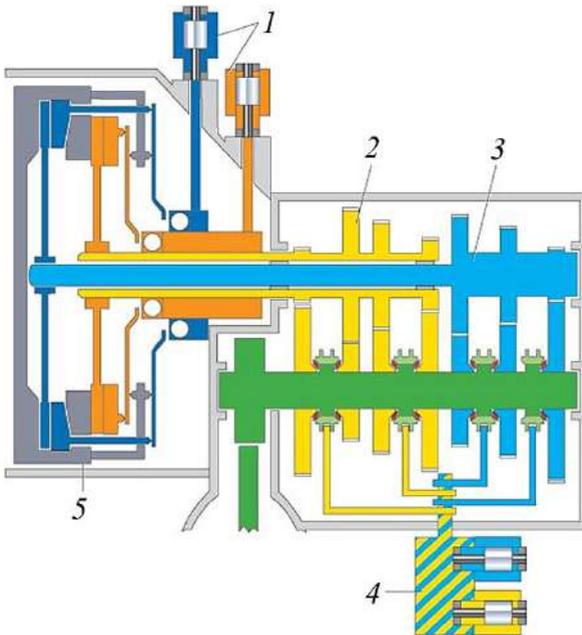


Рисунок 15.7 – Трансмісія PSG:

1 – актуатори зчеплень; 2 – шестерні парних передач; 3 – шестерні непарних передач; 4 – привід вимикання; 5 – подвійне зчеплення

На автомобілях доцільно використовувати здвоєне зчеплення, яке забезпечує перемикання без розриву потоку потужності. Мінімальні витрати при зміні конструкції прототипу будуть у разі застосування сухого фрикційного зчеплення.

Автоматизовані коробки передач із подвійним зчепленням

Нарешті у класичної автоматичної коробки передач з'явився конкурент – «Коробка передач послідовного перемикання» *DSG (Direkt Schalt Getriebe)*. Може бути, що відчуття комфорту від перемикачів передач дещо відстають від класичної АКП, проте коефіцієнт корисної дії значно вищий при повній автоматизації всіх процесів, що відбуваються. Через те що швидкість перемикачів передач в автомобілі з подвійним зчепленням дуже мала, передусім вона становить інтерес для спортивних машин. У той же час габаритні розміри подвійного зчеплення досить малі, їх можна порівняти з розмірами звичайного зчеплення, тому використання цього механізму має сенс у всіх автомобілях, як то кажуть, від малого до великого. Коробка призначена для всіх типів автомобілів, від економних до спортивних машин, при цьому покривається великий обсяг ринку, і вартість продукції вже не настільки велика, як це було в перших тестових зразках і прототипах. Проте розробка та виробництво здвоєного зчеплення – дуже технологічний і точний процес. Наприклад, програмне керування має регулювати ступінь вмикання зчеплення при руханні з місця вперед і русі заднім ходом. Сучасні мотори сконструйовані таким чином, що вже при початку руху видають досить великий обертальний момент. Щоб прискорення автомобіля було не дуже великим і разом з тим піддавалося керуванню, вихідний вал двигуна по відношенню до вхідного вала КП повинен обертатися з пробуксовуванням.

Існують зчеплення з повністю сухими поверхнями тертя і ті, які працюють у масляній ванні (вони називаються мокрі). Як правило, для передач однакового обертального моменту поверхня тертя в мокрих зчепленнях, незважаючи на менший діаметр, більша ніж у сухих, через наявності у зчепленні набору з декількох фрикційних і сталевих дисків. До недавнього моменту багатодискові зчеплення використовувалися тільки в автоматичних коробках передач. Поступово вони починають впроваджуватися в інші сегменти автомобілебудування.

Подвійне зчеплення використовується переважно для автоматичного перемикачів передач. В автомобілях працює подвійне зчеплення разом з автоматизованою коробкою передач, а іноді використовується і в повністю автоматичній коробці передач замість гідротрансформатора

(тільки мокре зчеплення). Воно реагує на команди блока керування коробкою передач і переміщається по засобах гідروприводу (мокре зчеплення) або електроприводу (сухе).

Сучасні мокрі зчеплення

Мокрі зчеплення гарно себе зарекомендували, тому що циркуляція масла в них активніше відводить тепло від поверхонь тертя. При цьому нове масло в область контакту подається тільки в момент закриття зчеплення. Принцип роботи мокрого подвійного зчеплення зображено на рис. 15.8. При їзді на одній передачі відбувається відтік масла від поверхонь зчеплення, і за рахунок цього втрати потужності знижуються. В цьому режимі використання за економічністю мокре зчеплення може конкурувати зі сухим. Природно поверхні тертя у цих двох різних систем не однакові, проте коефіцієнта тертя мокрого шару вистачає для передачі моменту двигуна в закритому стані без буксування (рис. 15.9).

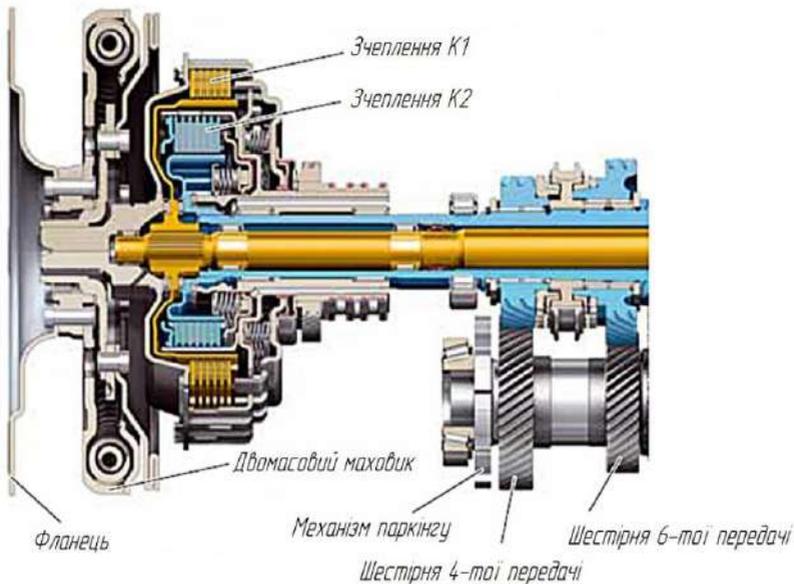


Рисунок 15.8 – Принцип роботи мокрого подвійного зчеплення



Рисунок 15.9 – Мокре подвійне зчеплення

Сучасні сухі здвоєні зчеплення

Принцип роботи сухого подвійного зчеплення (рис. 15.10) заснований на передачі крутного моменту від двигуна машини до трансмісійної системи за допомогою сухого тертя. Воно утворюється у процесі функціонування ведучого і веденого дисків.



Рисунок 15.10 – Сухе подвійне зчеплення

Передача крутного моменту на здвоєне зчеплення здійснюється двохмасовим маховиком, який закріплений на колінчастому валу. Для цього в двомасовому маховику передбачений внутрішній зубчастий вінець. Він входить у зачеплення із зовнішнім зубчастим вінцем на несучому кільці здвоєного зчеплення. Звідти крутний момент передається у механізм здвоєного зчеплення. Здвоєне зчеплення розташоване в картері зчеплення. Воно складається з двох звичайних зчеплень, об'єднаних у здвоєне зчеплення.

Як ведучий силовий передавальний елемент СФПЗ (сухе фрикційне подвійне зчеплення) (рис. 15.11) використовуються діафрагмові пружини 8, 9. У літературі їх також іноді називають тарілчастими пружинами.

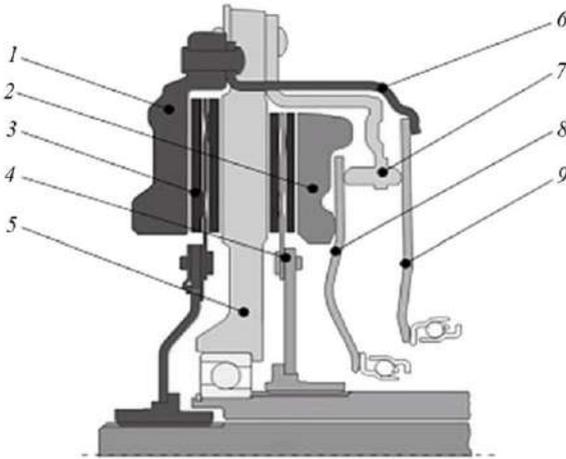


Рисунок 15.11 – Схематичне зображення СФПЗ

Діафрагмові пружини мають форму зрізаного конуса і складаються з суцільного кільця з розташованими на ньому пелюстками, що виконують функцію пружних відтискових важелів. Кожух зчеплення 6 та кожух зчеплення 7 фіксуються на натискному диску 1 і центральній плиті 5 відповідно. Натискні диски 1, 2 призначені для притискання фрикційних дисків 3, 4 до центральної плити 5, що синхронно обертається разом із

двигуном. Робота СФПЗ заснована на використанні дотичних сил тертя, що виникають у зоні контакту ведучих та ведених елементів при їх відносному кутовому зміщенні.

При цьому сила тертя, що виникає, пропорційна нормальній силі, що стискає ці елементи. Для повернення натискних дисків у вихідні позиції при відкритті зчеплень, тобто забезпечення мінімально необхідного повітряного зазору при від'єднанні трансмісії від працюючого двигуна, використовуються набірні пакети пластинчастих пружин (на рисунку не зазначені).

Принцип роботи сухого подвійного зчеплення наведено на рис. 15.12. З нього гарно видно, що зчеплення $K1$ передає крутний момент через шліць на первинний вал 1 . Від первинного вала 1 крутний момент для 1 і 3 передач передається на вторинний вал 1 , а для 5 і 7 передач – на вторинний вал 2 .

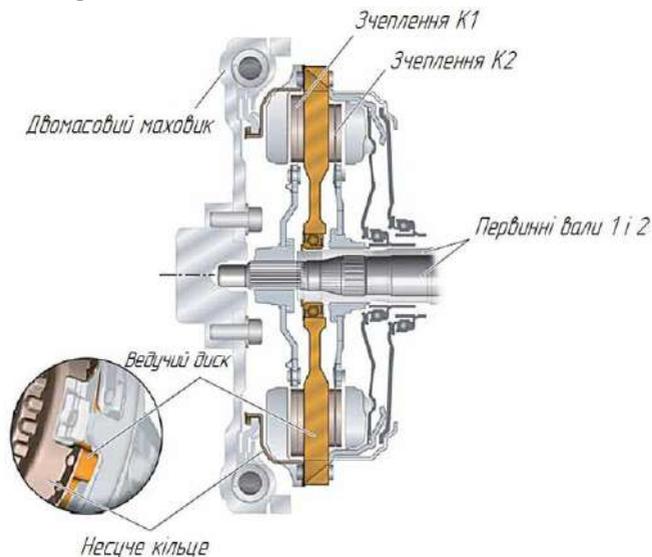


Рисунок 15.12 – Принцип роботи сухого зчеплення

Зчеплення $K2$ передає крутний момент через шліць на первинний вал 2 . Звідти крутний момент для 2 і 4 передач передається на вторинний вал

1, а для 6 передачі і передачі заднього ходу – на вторинний вал 2. Через проміжну шестірню передачі заднього ходу *R1* відбувається подальша передача крутного моменту на шестірню передачі заднього ходу *R2* вторинного вала. Всі три вторинних вали з'єднані з зубчастим колесом головної передачі диференціала.

Крутний момент передається на ведучий диск здвоєного зчеплення через кільце. Для цього кільце і ведучий диск міцно з'єднані один з одним. Ведучий диск установлений на первинному валу 2 як колесо, що вільно обертається.

При залученні одного з двох зчеплень крутний момент передається від ведучого диска на відповідний диск зчеплення і далі – на відповідний первинний вал.

Для приведення зчеплення в дію важіль вимкання зчеплення притискає натискний підшипник до діафрагмової пружини. Завдяки наявності декількох точок опори зусилля притиску перетворюється в силове переміщення. За рахунок цього натискний диск притискається до диска зчеплення і до ведучого диска. Таким чином, здійснюється передача крутного моменту на первинний вал. Важіль вимкнення зчеплення приводиться через клапан 3, розташований у ділільному механізмі 1 *N215*, від гідравлічного виконавчого механізму приводу зчеплення *K1*. Схему вмкання першого зчеплення показано на рис. 15.13.

Схему вмкання другого зчеплення показано на рис. 15.14. При приведенні в дію важеля вимкнення зчеплення натискний підшипник переміщається, долаючи зусилля діафрагмової пружини.

Оскільки діафрагмова пружина обпирається на корпус зчеплення, натискний диск притискається до ведучого диска і забезпечує передачу крутного моменту на первинний вал 2.

Важіль вимкнення зчеплення приводиться через клапан 3 у ділільному механізмі 2 *N216* від гідравлічного виконавчого механізму приводу зчеплення *K2*.

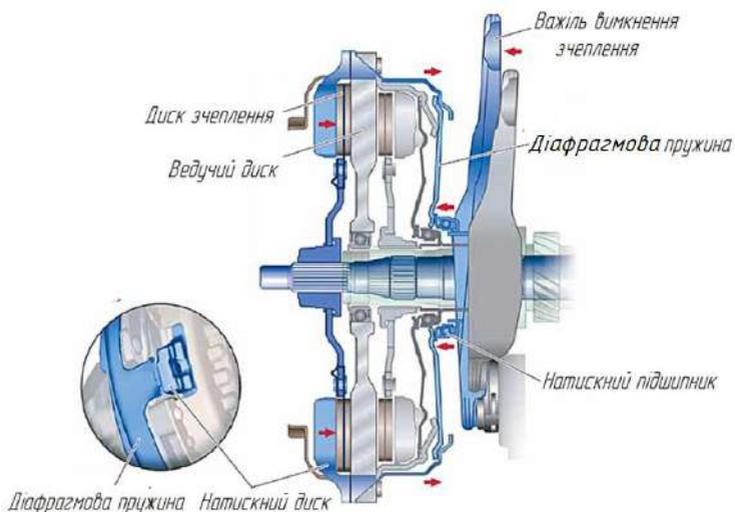


Рисунок 15.13 – Схема вмикання першого зчеплення

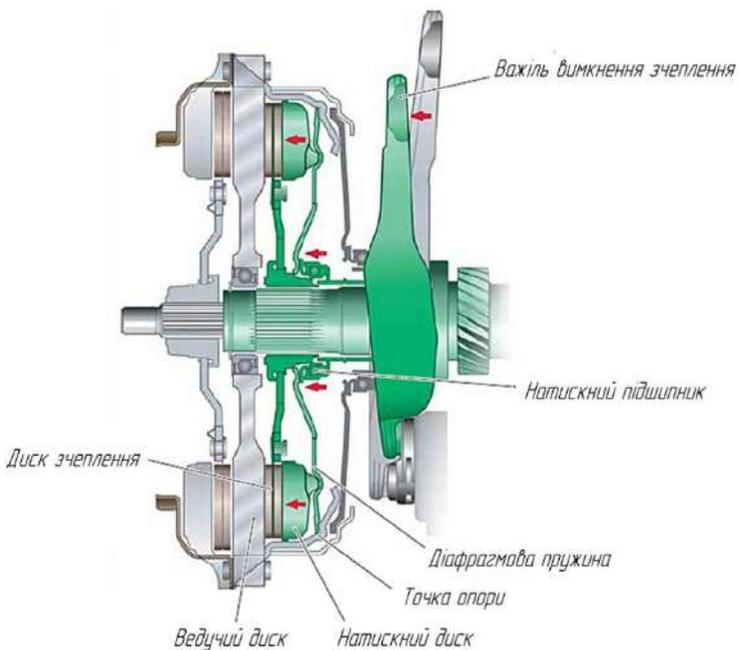


Рисунок 15.14 – Схема вмикання другого зчеплення

Блок керування *Mechatronik* – це центральний модуль керування КП. У ньому збираються сигнали всіх датчиків і усі сигнали інших блоків керування, він здійснює контроль і проведення всіх дій.

У блок керування вбудовано 11 датчиків, лише датчик частоти обертання первинного вала КП *G182* розташований поза блоком керування. Блок керування гідравлічним способом здійснює керування та регулювання електромагнітних клапанів вмикання 7-ми передач і приводу зчеплення.

Блок керування проводить адаптацію положення зчеплень, положень елементів механізму перемикання передач при увімкненій передачі та враховує значення адаптації при подальшій роботі цих деталей (рис. 15.15).

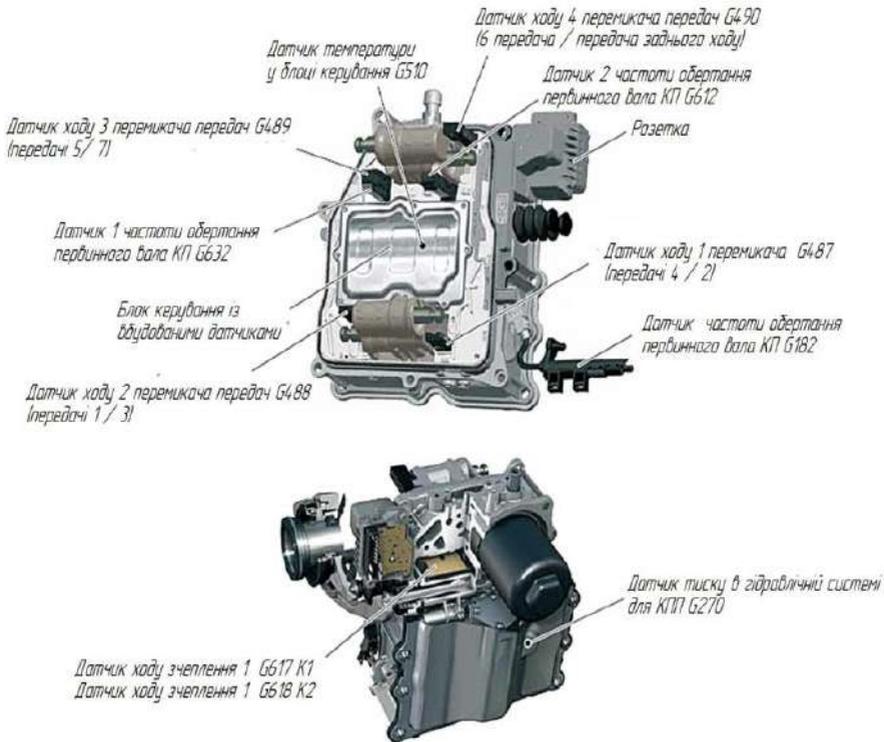


Рисунок 15.15 – Датчики системи керування зчепленнями та КП

Розглянемо порівняльну таблицю сухого і мокрого зчеплень (табл. 15.1).

Таблиця 15.1 – Порівняння сухого та мокрого зчеплень

	<i>Сухе зчеплення</i>	<i>Мокре зчеплення</i>
Економічність	Найкращі показники економії палива, навіть порівняно з ручною КП	У середньому витрата на 6 % більша ніж у сухого зчеплення через в'язке тертя масла і роботу масляного насоса
Максимальна передавана потужність	Максимальний момент, що передається від двигуна, обмежений через повільне охолодження контактуючих поверхонь	Можуть передавати великий обертальний момент. Краще охолодження за рахунок масляного потоку
Розробка та керування	Розробка сухих подвійних зчеплень потребує особливих витрат щодо програмного керування, оскільки неминучий тривалий знос зчеплення має бути врахований і залежно від часу повинен змінювати стратегію керування закриттям і відкриттям зчеплення	Немає значних витрат на розробку через відсутність зносу
Швидкість перемикання	Порівнянна з мокрим зчепленням, більша ніж у ручні КП. Час перемикання від 0,12 до 0,05 с	Порівнянна зі сухим зчепленням, більша у КП з ручним керуванням. Час перемикання від 0,12 до 0,05 с

Переваги та недоліки здвоєного зчеплення сухого і мокрого типів

КП із подвійним зчепленням схожа поведінкою зі стандартною механічною: має вхідний і проміжний вали для розміщення шестерень, зчеплення та синхронізатори. Єдина відмінність – це відсутність педалі зчеплення, оскільки функцію педалі виконують комп'ютер, гідравлічний привід керування та соленоїди.

Перевагами використання здвоєного зчеплення сухого та мокрого типів є швидкість перемикання передач вгору, це займає близько 8 мс, що забезпечує автомобілю динамічне прискорення; можливість самостійно контролювати перемикання передач або перейти на автоматичний режим; підвищує ефективність використання палива до 10 %.

Недоліками здвоєних зчеплень сухого та мокрого типів є значне збільшення вартості автомобіля. Не придатність до ремонту через складність конструкції; на автомобілях із коробкою *DSG-7* деякі користувачі відзначають ривки і вібрації при наборі швидкості на 1-й передачі та при перемиканні з 1-шої передачі на 2-гу, зумовлені конструктивними особливостями агрегату. На *DSG-6* ця проблема зараз не відзначається; дорога процедура заміни масла (на *DSG-6*); затримки перед різким прискоренням при русі на середніх швидкостях, пов'язані з попередньо обраною сусідньою нижчою передачею, наприклад 6-тою при русі на 7-мій, в той час як для різкого прискорення потрібно вимкнути 4-ту або може навіть 2-гу. Складність конструкції здвоєного зчеплення порівняно з механічною коробкою передач. Також у здвоєному зчепленні присутні втрати енергії в гідравлічному приводі керування.

Зчеплення зі зменшеними витратами енергії на керування

В конструкції цього зчеплення диски кожного зчеплення (рис. 15.16) утримуються по чергово в натиснутому стані за допомогою одних пружин. При вмиканні зчеплення сила натискних пружин, впливаючи через важелі на натискний диск, створює тиск на фрикційні пари і створює необхідне натискне зусилля на парах тертя для передачі крутного моменту. При вимкненні зчеплення пружина стискається, і натискний диск перестає впливати на ведений диск цього зчеплення. Далі вимикаються зчеплення та вмикається друге зчеплення.

Ця конструкція здвоєного зчеплення забезпечує більш високий ККД приводу, економію палива, зменшення часу перемикання передач, що дозволяє зменшити навантаження на ДВЗ, а також на водія при водінні.

Використання здвоєного зчеплення забезпечує передачу моменту практично без розриву потоку потужності, що надзвичайно важливо для вантажних автомобілів та інших транспортних засобів.

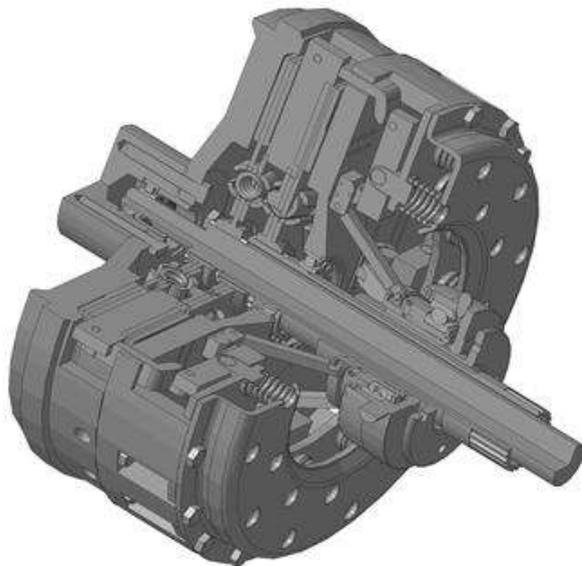


Рисунок 15.16 – Сухе здвоєне зчеплення зі зменшеними витратами енергії на керування

Контрольні запитання

1. Загальні відомості. Класичні і автоматичні конструкції зчеплень.
2. З чого складається електромагнітне порошкове зчеплення, переваги та недоліки?
3. Принцип дії електромагнітного порошкового зчеплення.
4. З чого складається автоматична електронна система керування зчепленням?
5. Принцип дії зчеплення в складі автоматичної коробки *DSG* та її аналога *PSG*.

6. Автоматизовані коробки передач із подвійним зчепленням.

Переваги та недоліки.

7. Сучасні мокрі зчеплення. Конструкція, принцип дії, де застосовуються.

8. Сучасні сухі здвоєні зчеплення. Конструкція, принцип дії, де застосовуються.

9. Призначення блоку керування *Mechatronic*?

10. Зчеплення зі зменшеними витратами енергії на керування.
Основні переваги.

11. Як можливо зменшити витрати енергії на керування зчепленнями?

12. В чому переваги і недоліки сухого здвоєного зчеплення?

13. Мокрі зчеплення. Будова та порядок роботи.

14. Недоліки та переваги здвоєних мокрих зчеплень.

Лабораторна робота 16

КОРОБКА ПЕРЕДАЧ *DSG*

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію та роботу сучасних *DSG* коробок передач та зчеплень, які використовують у трансмісіях автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкції *DSG*;
- електронний інформаційний матеріал з конструкції *DSG*;
- зчеплення та коробка *DSG* у розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити конструкцію і порядок роботи здвоєного зчеплення та коробки передач *DSG*;
- визначити особливості конструкцій зчеплень і коробки *DSG*;
- подати кінематичну схему зчеплень і коробки.

Загальні відомості

Коробка передач *DSG* поєднує у собі сильні сторони автоматичної та механічної коробок передач, мимовільно вибираючи оптимальний режим трансмісії. Ця коробка передач дозволяє досягти значної економії палива, тому що завжди «вибирає» мінімально витратний і в той же час максимально ефективний ККД режим роботи силового агрегату. Втілення ідеальної ефективності: коли вихідна потужність двигуна перетворюється безпосередньо на швидкість.

Головна перевага *DSG* – плавне прискорення без переривання потоку потужності під час перемикання передач. *DSG* забезпечує пряме перемикання передач, динамічне прискорення для поїздок у спортивному стилі, а також знижену витрату палива.

DSG від *Volkswagen* є 6- або 7-ступеневою коробкою передач для всіх класів автомобілів, що випускаються *Volkswagen*, і тому викликає підвищений інтерес покупців.

Коробка передач із подвійним сухим зчепленням дає можливість вибору будь-якого стилю керування автомобілем. *DSG* – це більше, ніж

проста автоматична коробка передач. Вона поєднує в собі переваги автоматичної та механічної коробок передач. Це виявляється у тому, що водій може зробити вибір двічі: спочатку він вибирає режим роботи *DSG* – нормальний чи спортивний. Потім він робить вибір між автоматичним і ручним перемиканням передач.

Нормальний режим DSG

При увімкненні важеля КП у положення «*D*», «*Рух*», вибирається «нормальний режим» *DSG*. При цьому в коробці вже вибрані потрібні передачі, які автоматично перемикаються за частки секунди та без переривання потоку потужності. Це найкращий режим для комфортного керування автомобілем, оскільки передачі змінюються невідчутно, і додаткових дій з боку водія не потрібно.

Спортивний режим DSG

При переведенні коробки передач у спортивний режим *S (Sport)* електронний блок керування утримує нижчі передачі. Перемикання на підвищену передачу не відбувається, поки автомобіль не вийде на більш високу швидкість і двигун не розкрутиться.

Підбір передавальних чисел

Оптимальний момент перемикання здійснюється завдяки найкращому підбору передавальних чисел. Точний підбір передавальних чисел дозволяє досягти найкращих динамічних характеристик трансмісії. Блок керування коробки передач підбирає оптимальну точку перемикання, залежно від активованого режиму, обертів двигуна, швидкості автомобіля та положення педалі акселератора.

В результаті можна уникнути втрат потужності і підвищити економічність.

Зниження витрати пального

Volkswagen розробив інноваційну коробку передач *DSG*, що дозволяє заощаджувати паливо і знижувати кількість шкідливих викидів.

У поєднанні з двигуном *TSI* коробка передач *DSG* знижує витрати пального на 22 %, таким чином зменшуючи викиди CO_2 . Навіть порівняно з класичною механічною коробкою передач *DSG* забезпечує суттєву економію палива, що досягає 10 %.

Переваги для автовласників

Конструктивні рішення трансмісії з двома зчепленнями пропонуються і для автомобілів малого класу, і для представників «вищих» сегментів: 7-ступенева коробка *DSG* для двигунів з крутним моментом до 250 Н·м більше підходить для автомобілів малого та середнього класів, наприклад для *Volkswagen Polo* седан у комплектації *GT*, *Volkswagen Passat B8*, або *Volkswagen Jetta* у комплектаціях Трендлайн та Хайлайн. 6-ступенева коробка *DSG* для двигунів із крутним моментом до 350 Н·м відповідає очікуванням покупців, що цікавляться автомобілями вищих сегментів із потужнішими двигунами, наприклад, *Volkswagen Tiguan 1.4TSI BlueMotion*.

Розробивши *DSG*, *Volkswagen* забезпечив водіям динамічний, спортивний стиль водіння, прискорення без переривання потоку потужності, причому перемикання передач майже не відчутне.

Коробка передач *DSG*, що забезпечує зниження витрат палива та викиди CO_2 , є важливим фактором для тих, хто піклується про навколишнє середовище.

Водії, які багато часу проводять за кермом, можуть розслабитися за кермом свого автомобіля з *DSG*, насолоджуючись простотою керування.

Нові високотехнологічні розробки *Volkswagen* дозволили досягти *DSG* найкращого поєднання робочих переваг механічної та автоматичної коробок передач.

Трансмісія DSG 7

Сьома модель *DSG* з'явилася через три роки після шостої і була зроблена спеціально для бюджетних автомобілів. *DSG 6* відзначається великою вагою (близько 95 кг) та великим обсягом трансмісійного масла. *DSG 7* важить близько 70 кг і має менший об'єм масла, що позитивно відбивається на витраті палива та вартості регулярного обслуговування. На рис. 16.1 зображено 7-ступеневу коробку передач зі здвоєним зчепленням.

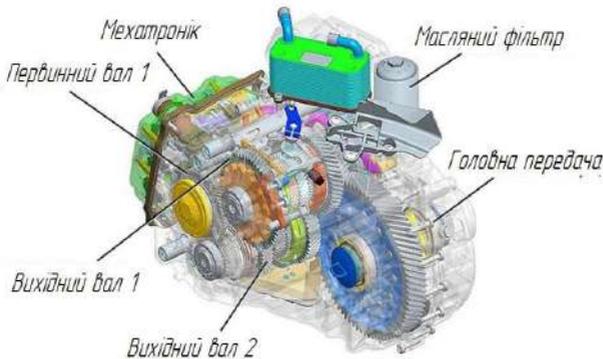


Рисунок 16.1 – 7-ступенева коробка передач зі здвосним зчепленням

DSG 7 встановлюється на автомобілі, оснащено двигуном із крутним моментом до 250 Н·м. До них належать такі моделі:

- Volkswagen (*Golf, Passat, Transporter, Caddy*);
- Skoda (*Fabia, Superb, Octavia*);
- Ауді (*A3, Q3, TT*);
- Seat (*Ibiza, Leon, Altea*).

За будовою «суха» *DSG* (рис. 16.2) нічим не відрізняється від «мокрої». В її основі лежать: перший та другий вторинні вали, головна передача, масляний фільтр, маховик і блок мехатроніка. Особливістю цієї АКП є наявність двох сухих фрикційних муфт зчеплення, що працюють не в масляній ванні. Таке технічне нововведення дозволило значно підвищити ККД коробки.

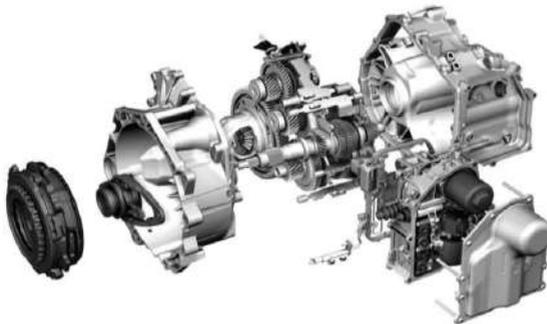


Рисунок 16.2 – «Суха» *DSG*

Для забезпечення кращих експлуатаційних та економічних показників потрібна сучасна багатоступенева, наприклад шестиступенева (шість передач уперед і одна назад) коробка передач. Коробка *DSG* докорінно відрізняється від усіх інших. У ній наче об'єднано дві звичайні коробки, причому кожна – зі своїм зчепленням. Одна «коробка» відповідає за вмикання непарних передач (першої, третьої та п'ятої), інша – парних: другої, четвертої та шостої, що дає можливість включати дві передачі одночасно. Поки триває розгін на першій передачі, шестерні другої вже перебувають у зачепленні, але обертаються вхолосту. Коли приходить час, перемикаються: одночасно відпускається перше зчеплення та замикається друге. Тепер активна друга передача – і коробка заздалегідь уводить у зачеплення шестерні наступної третьої передачі. І так далі – до шостої. Причому одночасно з шостою коробкою увімкне і п'яту передачу – на той випадок, якщо оберти двигуна спадуть і знадобиться більше тяги. Натискання на газ і синхронна робота двох зчеплень перемикає тягу назад – із шостою на п'яту. Все це дозволяє уникнути неприємних і несподіваних клівань, оскільки з двома зчепленнями перемикавання відбуваються без розриву потоку потужності від двигуна до коліс.

Робота коробки передач DSG

Схему коробки наведено в розгорнутому вигляді на рис. 16.3. КП зі здвоєним зчепленням складається з двох незалежних один від одного ділільних механізмів. Кожен ділільний механізм функціонує як механічна КП. Кожному ділільному механізму відповідає одне зчеплення. Обидва зчеплення, наприклад, сухі (можуть бути і мокрі). Блок керування регулює, розмикає і замикає диски обох зчеплень залежно від передачі. Через зчеплення 1, відповідно через ділільний механізм 1 і вторинний вал 1 проводиться вмикання 1, 3, 5 і 7 передач. Передачі 2, 4, 6 і передача заднього ходу вмикаються через зчеплення 2 і відповідно через ділільний механізм 2 і вторинні вали 2 і 3. У той самий момент тільки один ділільний механізм знаходиться в стані силового замикання. В іншому ділільному механізмі може бути увімкнена наступна передача, оскільки зчеплення цієї передачі розімкнуте. Для кожної передачі передбачений стандартний для механічної КП механізм синхронізації та перемикавання передач.

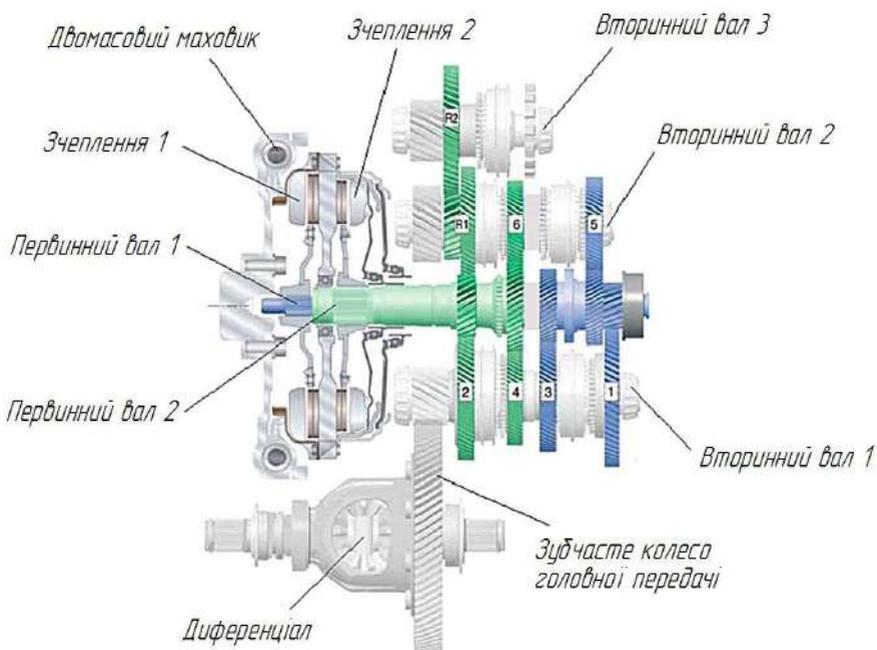


Рисунок 16.3 – Розгорнута схема роботи коробки:
 1–6 – передачі; R1 – проміжна шестірна передачі заднього ходу;
 R2 – шестірна передачі заднього ходу

Роботу коробки на кожній передачі, включаючи передачу заднього ходу, зображено на рис. 16.4–16.6. Передача крутного моменту коробці передач здійснюється через зчеплення 1 або 2. Кожне зчеплення приводить один первинний вал. Первинний вал 1 приводиться від зчеплення 1, а первинний вал 2 – від зчеплення 2.

При роботі коробки на 1-й передачі (рис. 16.4) крутний момент передається в такому порядку: зчеплення 1 – первинний вал 1 – вторинний вал 1 – головна передача (ГП) – диференціал.

При роботі коробки передач на передачі заднього ходу (рис. 16.4) крутний момент передається в такому порядку: зчеплення 2 – первинний вал 2 – вторинний вал 3 – ГП, диференціал.

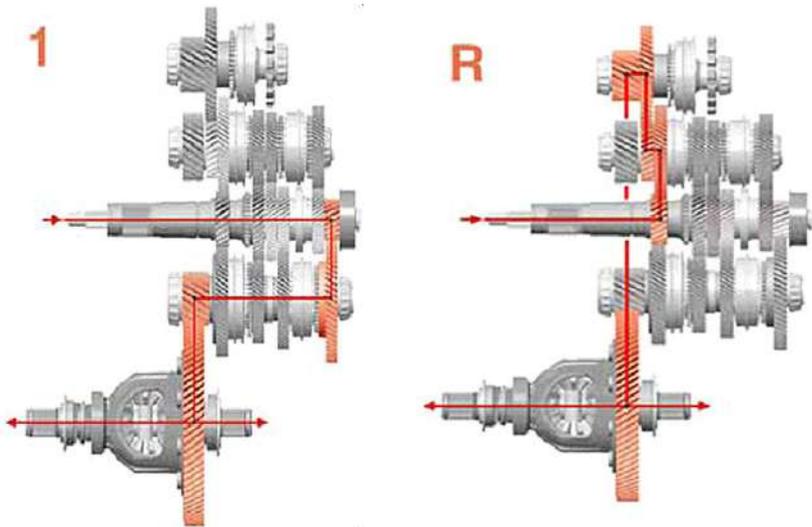


Рисунок 16.4 – Робота коробки передач на 1-й та задній передачах

При роботі коробки на 2-й передачі (рис. 16.5) крутний момент передається в такому порядку: зчеплення 2 – первинний вал 2 – вторинний вал 1 – ГП, диференціал.

При роботі коробки на 3-й передачі (рис. 16.5) крутний момент передається в такому порядку: зчеплення 1 – первинний вал 1 – вторинний вал 1 – ГП, диференціал.

При роботі коробки на 4-й передачі (рис. 16.6) крутний момент передається в такому порядку: зчеплення 2 – первинний вал 2 – вторинний вал 1 – ГП, диференціал.

Під час роботи коробки передач на 5-й передачі (рис. 16.6) крутний момент передається в такому порядку: зчеплення 1 – первинний вал 1 – вторинний вал 2 – ГП, диференціал.

При роботі коробки на 6-й передачі (рис. 16.6) крутний момент передається в наступному порядку: зчеплення 2 – первинний вал 2 – вторинний вал 2 – ГП, диференціал.

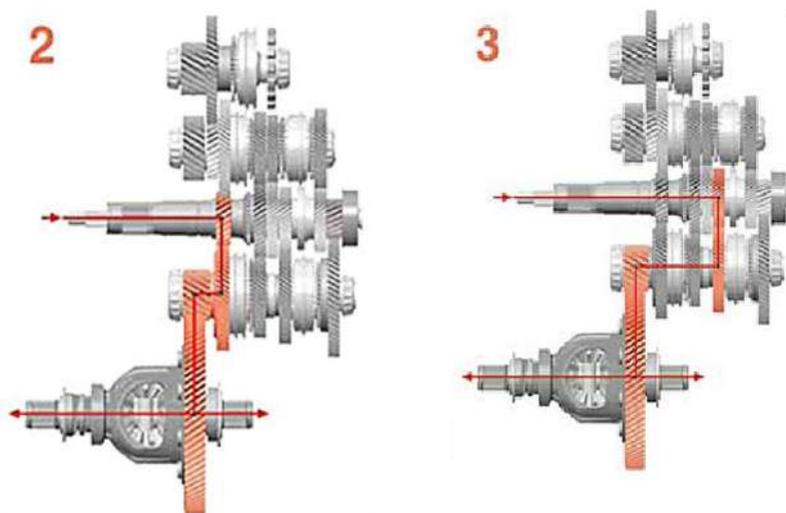


Рисунок 16.5 – Работа коробки передач на 2-й та 3-й передачах

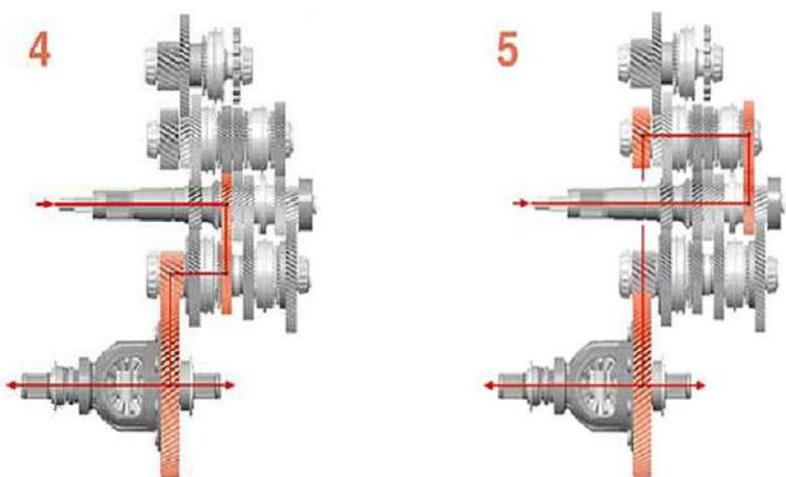


Рисунок 16.5 – Работа коробки передач на 4-й, 5-й та 6-й передачах

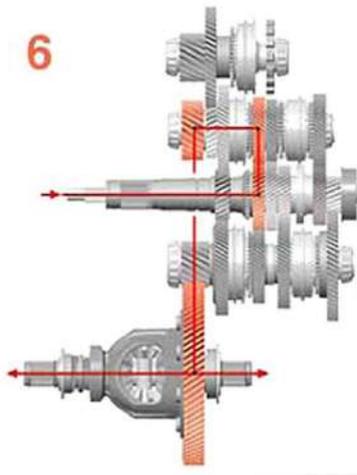


Рисунок 16.6 – Робота коробки передач на 4-й , 5-й та 6-й передачах
(продовження)

Гідравлічний контур системи керування АКП DSG 02E Volkswagen

Всі функції коробки виконуються в результаті роботи її компонентів (рис. 16.7), увімкнених у загальний контур циркуляції масла. У цьому контурі, включаючи маслозабірник, циркулює 7,2 л масла.

Масло має відповідати таким вимогам:

- бути придатним для муфт зчеплення та системи керування коробкою передач;
- зберігати достатню в'язкість у всьому діапазоні робочих температур;
- протистояти високим механічним навантаженням;
- не утворювати піни.

Масло має забезпечувати:

– змащення та охолодження муфт зчеплення, шестерень, валів, підшипників і синхронізаторів;

– роботу муфт зчеплення та гідроциліндрів перемикання передач.

У контур циркуляції масло включено охолоджувач, підключений до системи охолодження двигуна. Він запобігає нагріванню масла до температур вище 135 °С.

Гідравлічні компоненти схеми наведено на рис. 16.7.



Рисунок 16.7 – Основні складові гідравлічні компоненти схеми

Масляний насос

Гідравлічна система коробки передач обслуговується масляним насосом (рис. 16.8) із внутрішнім зачепленням шестерень та серповидною перегородкою між ними. Насос засмоктує масло з маслоприймника та подає його під тиском до виконавчих пристроїв. Продуктивність насоса досягає 100 л/хв при тиску головної магістралі 20 бар.

Масляний насос забезпечує:

- роботу багатодискових муфт зчеплення;
- охолодження цих муфт;
- роботу гідроциліндрів перемикання передач;
- змащення зубчастих передач.

Привід масляного насоса проводиться через вал, що обертається із частотою обертання колінчастого вала. Цей вал проходить усередині трубчатого первинного вала 1, який у свою чергу розташований у трубчатому первинному валу 2 (рис. 16.8).

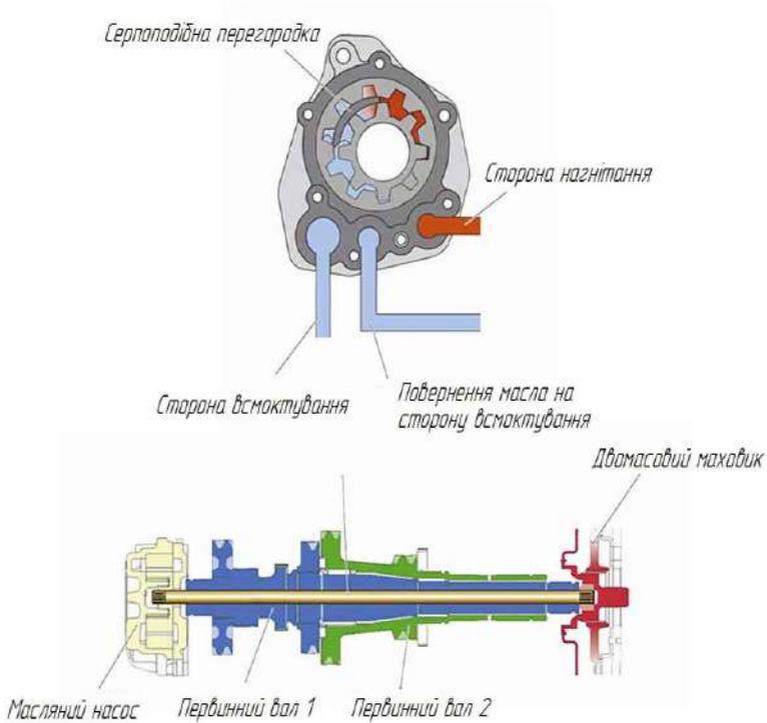


Рисунок 16.8 – Насос та його привід від ДВЗ

Схема циркуляції масла і зв'язки елементів наведено на рис. 16.9.

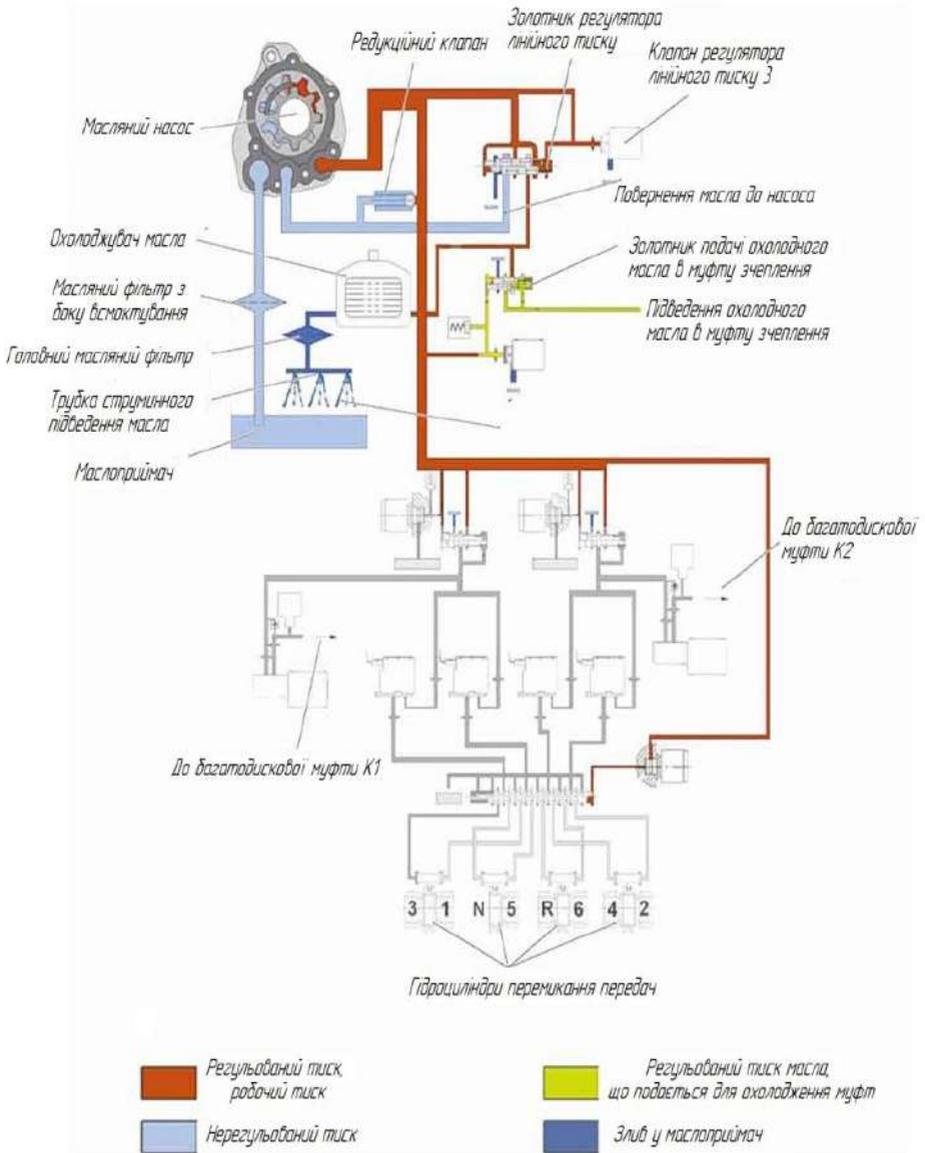


Рисунок 16.9 – Схема циркуляції масла

Функції гідравлічного контуру системи керування (рис. 16.10)

Насос засмоктує масло з маслоприймача через фільтр і подає його під тиском до золотника регулятора лінійного тиску. Цей золотник керується за допомогою клапана регулятора лінійного тиску, від його переміщення залежить тиск у головній магістралі коробки передач.

Від золотника регулятора лінійного тиску відгалужується канал, через який частина масла повертається на бік всмоктування насоса. Інший канал від золотника розгалужується на два канали. Через один із цих каналів масло прямує в охолоджувач і далі – в маслозабірник через головний фільтр, що знаходиться під тиском. Інший канал служить для підведення масла до золотника, що регулює охолодження муфт зчеплення.

Масло, що регулюється клапаном лінійного тиску, подається в гідроциліндри приводу багатодискових муфт зчеплення і ковзних муфт синхронізаторів. Охолоджувач масла підключений до системи охолодження двигуна. Головний масляний фільтр, що знаходиться під тиском, встановлений на картері коробки передач зовні. Редукційний клапан обмежує тиск масла у головній магістралі, не допускаючи його вище 32 бар. Змащення зубчастих передач проводиться маслом, яке випливає із розподільних трубок.

Схема вмикання гідравлічних компонентів системи керування Електрогідравлічні компоненти системи керування (рис. 16.10)

Клапан регулятора лінійного тиску (N217)

Цей клапан перемикається електронним блоком керування коробкою передач. Він служить для керування золотником регулятора лінійного тиску. Таким чином, клапан бере участь у регулюванні тиску масла в головній магістралі коробки передач.

Золотник регулятора лінійного тиску перерозподіляє потоки масла:

– в маслозабірник через охолоджувач, фільтр і розподільні трубки підведення масла до шестерень;

– до насоса на бік всмоктування.

Діючий у головній магістралі (лінійний) тиск масла використовується для замикання муфт зчеплення *K1* і *K2*, керованих за допомогою клапанів *N215* і *N216*, і гідроциліндрах перемикання передач, керованих за допомогою клапанів *N88*, *N89*, *N90* і *N91*.

Клапан керування мультиплексором N92. Цей клапан керує мультиплексором, який уможливорює керування вісьма гідроциліндрами перемикання передач за допомогою лише чотирьох електромагнітних клапанів.

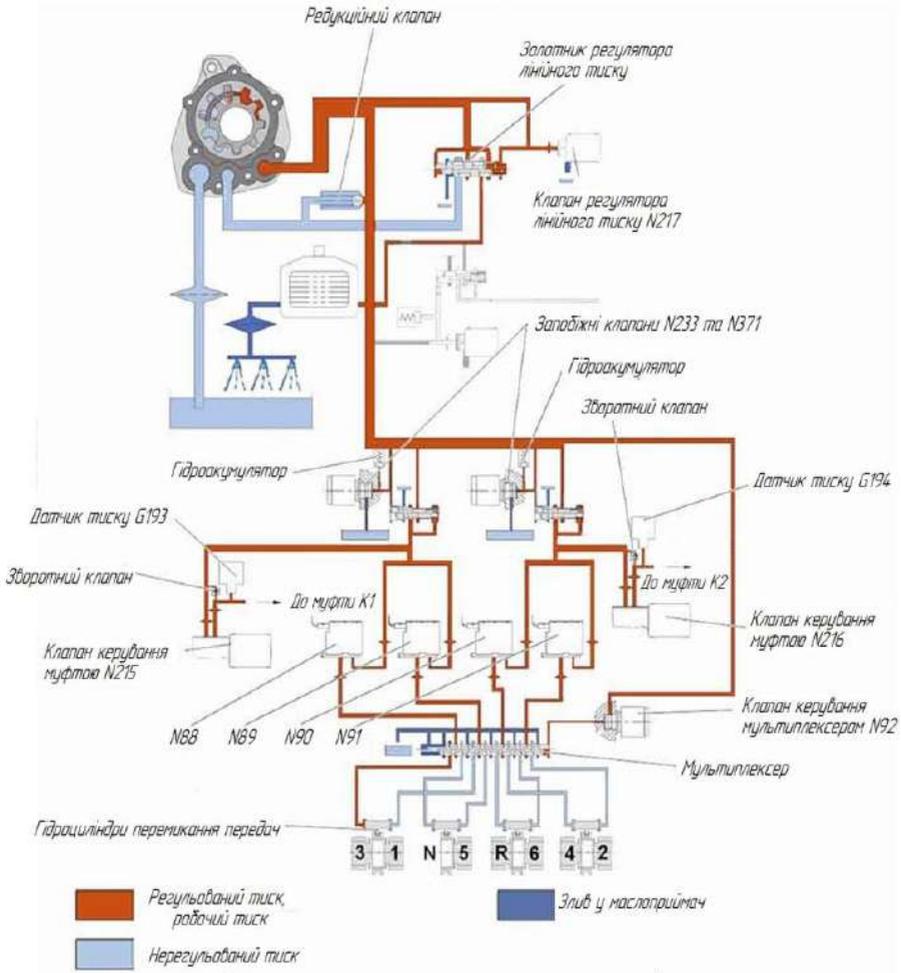


Рисунок 16.10 – Схема вмикання гідравлічних компонентів системи керування

Мультиплексор переміщається у вихідне положення під впливом пружини. При вихідному положенні мультиплексора можуть бути увімкнені перша, третя та шоста передачі, а також передача заднього ходу.

При подачі напруги на обмотку клапан *N92* відкривається, внаслідок чого масло під тиском надходить до мультиплексора і переміщає його в робоче положення, долаючи зусилля зворотної пружини. Після цього можуть бути увімкнені друга, четверта та п'ята передачі, а також встановлена нейтраль.

Запобіжні клапани

Муфті зчеплення *K1* відповідає запобіжний клапан *N233*, а муфті *K2* – запобіжний клапан *N371*. Ці клапани забезпечують прискорене розмикання муфт, якщо діючий тиск перевищує задане значення.

Датчики тиску (G193 та G194)

Датчики тиску *G193* та *G194* призначені для вимірювання тиску масла в муфтах зчеплення. Редукційний клапан запобігає надмірному підвищенню тиску в головній магістралі при несправному золотнику регулятора лінійного тиску.

Система охолодження муфт зчеплення

Тертя між дисками муфт призводить до підвищення їхньої температури. Запобігти їх перегріву можна, лише застосувавши примусове охолодження. У гідравлічній системі коробки передбачений спеціальний контур циркуляції масла для охолодження муфт зчеплення (рис. 16.11). У цей контур входять золотник, що розподіляє потік масла, та клапан *4 (N218)*, що регулює тиск.

Принцип дії

Датчик *G509* служить для вимірювання температури масла на виході з багатодискових муфт зчеплення. За сигналом цього датчика електронний блок керування подає команду клапану керування тиском.

Цей клапан змінює тиск, що діє на розподільчий золотник, залежно від виміряної температури масла. Золотник переміщається відповідно до величини тиску, що діє на нього, відкриваючи або закриваючи канал підведення охолодного масла до муфт зчеплення. Максимальна витрата

охлажденного масла до рівнює 20 л/хв. При цьому тиск, що діє в контурі охолодження, може підвищуватися до 2 бар.

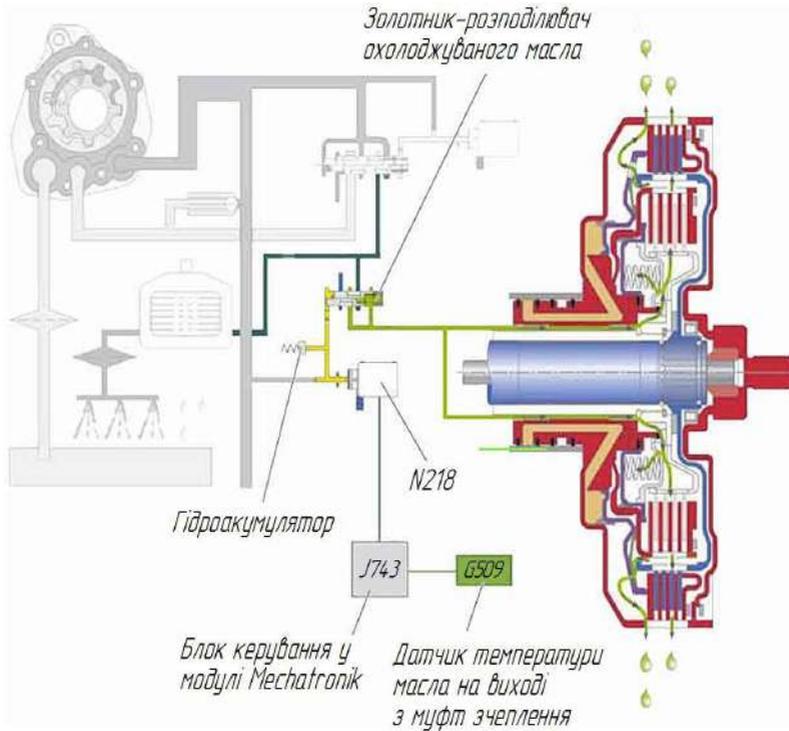


Рисунок 16.11 – Система охолодження муфт зчеплення

Процес перемикання передач

Перемикання передач здійснюється за допомогою вилок і синхронізаторів (рис. 16.12) такого ж типу, як у звичайних механічних коробок. Кожна вилка використовується для вмикання двох передач. Однак у коробці передач DSG використовується гідравлічний привід вилок вмикання передач, а не привід за допомогою тяг і важелів, що зазвичай застосовується у механічних коробках передач.

Штоки вилок увімкнення передач переміщуються в гідроциліндрах на кульках. Процес вмикання передачі починається з команди системи

Mechatronik на подачу масла, наприклад, лівий гідроциліндр приводу вилки. Оскільки тиск масла в правому гідроциліндрі відсутній, шток разом із вилкою переміщається вправо, захоплюючи за собою ковзну муфту синхронізатора. В результаті здійснюється вмикання передачі.

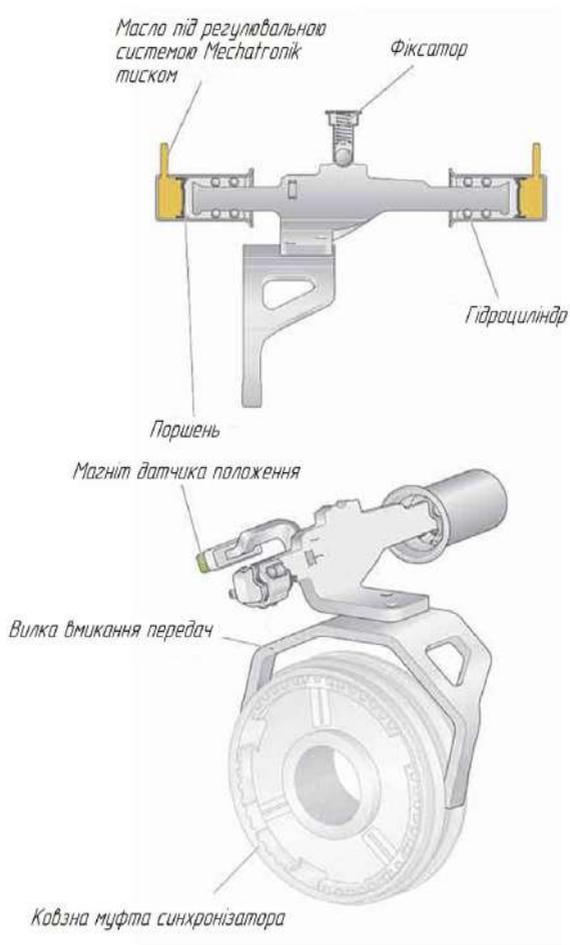


Рисунок 16.12 – Процес перемикання передач

Після вмикання передачі гідроциліндр, що знаходиться під тиском, перемикається на злив. Муфта синхронізатора утримується після цього за рахунок скосів на зубцях вінця увімкненої шестірні та фіксатора, що діє на шток вилки. У вихідному нейтральному положенні вилка утримується фіксатором, установленим у картері коробки передач.

Кожна вилка має постійний магніт. Цей магніт є елементом датчика переміщення, за сигналом якого система *Mechatronik* визначає точне положення вилок вмикання передач.

Контрольні запитання

1. Загальні відомості про коробку передач *DSG*.
2. Які режими роботи *DSG* Ви знаєте?
3. З чого складається трансмісія *DSG 7*?
4. Поясніть різницю між «сухим» і «мокрим» зчепленнями *DSG*.
5. Детально розкажіть про роботу коробки передач *DSG*.
6. З чого складається гідравлічний контур системи керування АКП *DSG 02E Volkswagen*?
7. Роль масляного насоса в коробці *DSG*.
8. Детально розкажіть схему циркуляції масла.
9. Які функції виконує гідравлічний контур системи керування?
10. Електрогідравлічні компоненти системи керування, призначення.
11. Для чого потрібна система охолодження муфт зчеплення?
12. Як відбувається процес перемикування передач?

Лабораторна робота 17

ГІДРОДИНАМІЧНІ ПЕРЕДАЧІ І ПЕРЕТВОРЮВАЧІ АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчення конструкції, принципу дії та роботи гідравлічної муфти і гідромеханічної передачі.

Наочні посібники:

- плакати із зображенням конструкції гідротрансформаторів;
- вузли гідромуфти і гідромеханічної передачі автомобіля;
- слайди, презентації та анімації.

Завдання:

Вивчити:

- призначення і принцип дії гідравлічної муфти та гідротрансформатора:
- переваги і недоліки гідромуфт;
- складові частини гідромеханічної передачі;
- особливості конструкції комплексного гідротрансформатора.
- основні конструктивні частини гідромеханічної передачі автобуса класу 6.
- виконати схеми цих пристроїв у складі коробки передач.

Принцип дії гідравлічної муфти

Гідравлічна муфта – це складова частина трансмісії. Гідравлічною муфтою зчеплення є механізм, в якому передача енергії з ведучого на ведений вал здійснюється за допомогою потоку рідини.

Гідродинамічна муфта складається з двох елементів (рис. 17.1): насосного колеса 2, встановленого на ведучому валу 1, і робочого колеса 4 турбіни, закріпленого на веденому валу 5 трансмісії. Зазвичай колеса насоса та турбіни виготовляють із радіальними лопатками. Внутрішні порожнини насоса і турбіни утворюють замкнутий контур, меридіальний перетин якого називають колом циркуляції.

Внутрішні порожнини насоса, турбіни і кожуха 3 заповнюються робочою рідиною (мінеральним маслом) на 80–85 % свого об'єму. Як тільки почне працювати двигун і стане обертатися ведучий вал насоса, рідина, що знаходиться між його лопатками, рухатиметься від центру до периферії. Потік рідини, що виходить із насоса, почне надходити на нерухомі, поки машина стоїть на місці, лопатки турбіни, по яких він стане рухатися від периферії до центра. Під дією потоку рідини колесо

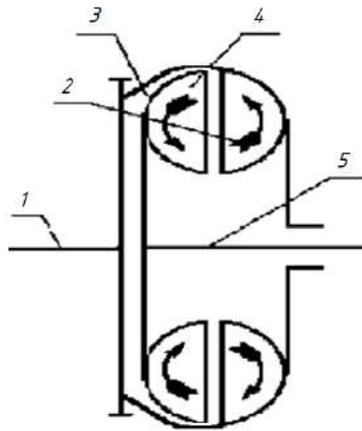


Рисунок 17.1 – Гідромufta

турбіни почне обертатися і машина рушить із місця. При цьому створюється безперервний рух робочої рідини в колі циркуляції гідродинамічної муфти.

Слід звернути увагу на те, що якщо кутові швидкості коліс насоса і турбіни стануть рівними, то рух робочої рідини в колі циркуляції припиниться, оскільки відцентрові сили, що розвиваються в колесі насоса і турбіни, врівноважуються і муфта не передаватиме обертальний момент з ведучого на ведений вал. Таким чином, неодмінна умова роботи гідродинамічної муфти – нерівність кутових швидкостей ведучого і веденого валів. У працюючій муфті колесо турбіни завжди проковзує відносно колеса насоса. При рушанні машини з місця, коли ведений вал ще не обертається, величина ковзання буде найбільшою (100 %), а при сталій роботі – найменшою (2–3 %).

Слід мати на увазі, що увімкнення і вимкнення гідродинамічних муфт відбувається автоматично. Коли необхідно вимкнути муфту зчеплення, знижують частоту обертання вала двигуна, при цьому насосне колесо починає обертатися повільніше й енергії потоку не вистачає для подолання опору колеса турбіни – машина зупиняється.

Щоб увімкнути муфту, необхідно збільшити частоту обертання колінвала, а отже, і насосного колеса. При цьому енергія потоку зросте і колесо турбіни починає обертатися.

Для усунення гідравлічних ударів у колі циркуляції необхідна різна кількість лопаток на насосному і турбінному колесах й інші пристрої та пристосування.

Гідродинамічні муфти доцільно використовувати на автомобілях, автобусах, де режим роботи постійно змінюється: часто перемикаються передачі, змінюється швидкість, напрямок руху, часто і різко міняється опір руху і так далі.

Гідромуфти мають як переваги, так і недоліки.

Переваги: прості в конструкції, не потребують регулювань, оскільки не зношуються в процесі роботи, допускають тривалу роботу з великим буксуванням, добре згладжують і знижують ударні динамічні навантаження, підвищують прохідність машини унаслідок плавного підведення обертального моменту до ведучих коліс.

Недоліки: не забезпечують чистоту вимкнення через залишковий обертальний момент, важке перемикавання передач унаслідок великого моменту інерції ведених частин, перегрівання муфти при буксуванні на підвищених передачах, підвищена витрата палива через проковзування.

Щоб усунути недоліки гідромуфт, практикують послідовну установку в трансмісії звичайного фрикційного зчеплення. Але це ускладнює конструкцію і збільшує металомісткість. Рациональніше застосовувати планетарні коробки передач, фрикційні елементи яких виконують функцію зчеплення. Для підвищення економічності існує ряд способів блокування муфти на сталому режимі роботи автомобіля, при яких муфта вимикається з роботи, а ведучий і ведений вали з'єднуються та працюють як одне ціле.

За плакатами, слайдами і розрізним вузлом можливо ознайомитися з конструкцією гідромуфти, проаналізувати для гідромуфти залежність між її кінематичними параметрами і прикладеним навантаженням. Цю залежність наведено на рис. 17.2. Віссю абсцис є параметр α і відношення кутових швидкостей обертання веденого вала до ведучого. За віссю ординат відкладаються величини крутного моменту M і ККД.

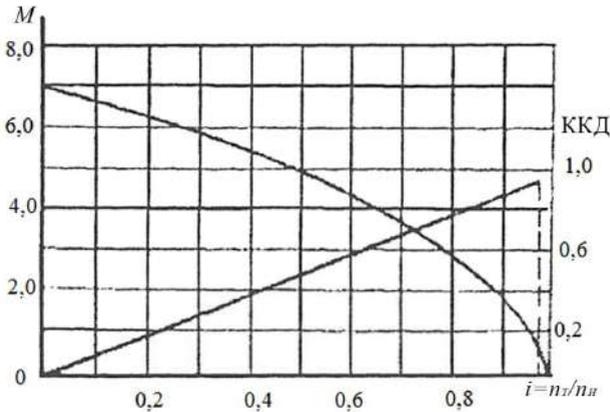


Рисунок 17.2 – Зовнішня характеристика гідромумфти при постійній частоті обертання ведучого валу

З графіків видно, що гідромумфта передає номінальний обертальний момент $M = 1$ при передавальному відношенні $i = 0,98$, при навантаженні п'ятикратним моментом вона перейде на роботу $i = 0,5$, тобто ведений вал у два рази знижує частоту обертання. При загальмованому веденому валу ($i = 0$) мумфта завантажена майже семикратним номінальним обертальним моментом.

Слід пам'ятати, що в гідродинамічній мумфті обертальний момент на валу насоса завжди дорівнює моменту на валу турбіни (мумфта не змінює величину обертального моменту, а лише передає його з одного вала на інший).

Вивчив призначення, принцип дії та оцінив переваги автоматичної (гідромеханічної) силової передачі, треба визначити особливості експлуатації.

Практика експлуатації автомобілів показує, що для раціонального використання потужності ДВЗ необхідне безперервне й автоматичне регулювання швидкості і сили тяги. Тому вже давно виникла потреба заміни ступеневої трансмісії досконалішою безперервною автоматичною.

Перспективним типом автоматичної силової передачі для деяких автомобілів є гідромеханічна передача. Використання гідромеханічних передач дозволяє підвищити експлуатаційні якості

автомобілів (продуктивність, довговічність, прохідність, безпека руху), а також полегшити і спростити працю водія.

За наявності автоматичної передачі рух автомобілем керується лише педаллю подачі палива і, за необхідності, педаллю гальма.

Автоматична передача складається з двох основних частин: гідродинамічного трансформатора (перетворювача обертового моменту) і двоступеневої або триступеневої планетарної коробки передач, що діє автоматично залежно від зміни швидкісного і навантажувального режимів.

За плакатами, слайдами й інтернет-ресурсами можливо детально ознайомитися з конструкцією одноступеневого гідротрансформатора.

Схему гідротрансформатора наведено на рис. 17.3.

Гідротрансформатор є гідродинамічним механізмом, що вмикається між двигуном і механічною силовою передачею та забезпечує автоматичну зміну переданого від двигуна обертового моменту, відповідно до змін навантаження на веденому валу 7. В автомобільній промисловості застосовуються гідротрансформатори різних типів, але основними з них є одноступеневі триколісні, на базі яких створюються інші конструкції.

У простому гідротрансформаторі (рис. 17.3) є три робочих обертових колеса з лопатками: насосне 4 і турбінне 3 колеса та нерухоме колесо-реактор 5. Колеса виготовляють шляхом точного лиття з легких алюмінієвих сплавів. Лопатки в гідротрансформаторі, на відміну від гідромуфт, роблять криволінійними. Крім того, для кращого формування робочого потоку в колі циркуляції встановлюють внутрішній тор – круглий кільцеподібний кожух. Колеса з лопатками утворюють кільцеву замкнуту по колу порожнину, в якій циркулює залита в гідротрансформатор робоча рідина (спеціальне масло). Щоб масло постійно заповнювало робочу порожнину коліс, а також із метою охолодження, воно безперервно нагнітається при роботі гідротрансформатора з масляного резервуара в робочу порожнину коліс шестеренним насосом і зливається назад у резервуар. При роботі гідротрансформатора масло, що нагнітається в робочу порожнину коліс, захоплюється лопатками насосного обертового колеса і відкидається відцентровою силою до зовнішнього кола, потрапляючи на лопатки турбінного колеса 3.

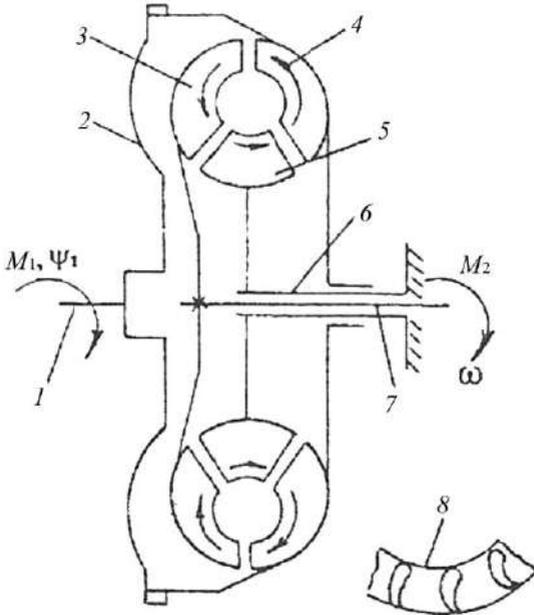


Рисунок 17.3 – Схема одноступеневого гідротрансформатора:
 1 – колінвал; 2 – корпус; 3 – турбінне колесо; 4 – насосне колесо;
 5 – реактор; 6 – втулка; 7 – ведений вал; 8 – лопатки колеса

Турбінне колесо 3 приводиться в рух разом із валом 7 (див. рис. 17.3) унаслідок створюваного при цьому натиску масла. Далі масло надходить на лопатки нерухомо закріпленого колеса-реактора 5, що змінює напрямок потоку рідини, а потім знову надходить у насосне колесо 4, безперервно циркулюючи по замкнутому колу (як вказано стрілками) і беручи участь у загальному обертанні з колесами.

Лопатки нерухомого колеса-реактора виконано так, що вони змінюють напрямок потоку рідини, що проходить через нього, і сприяють виникненню в них деякого зусилля, що викликає появу реактивного моменту, що впливає через рідину на лопатки турбінного колеса 3, додатково до моменту, переданого на нього від насосного колеса 4. Таким чином, реактор дає можливість отримувати на валу турбінного колеса обертальний момент, відмінний від моменту, переданого двигуном.

Гідротрансформатори автоматично змінюють (трансформують) співвідношення моментів на валах залежно від співвідношення кутових швидкостей ведучого і веденого валів (а отже, від величини зовнішнього навантаження).

Для одноступеневого гідротрансформатора можливо проаналізувати залежність між кінематичними параметрами (рис. 17.4).

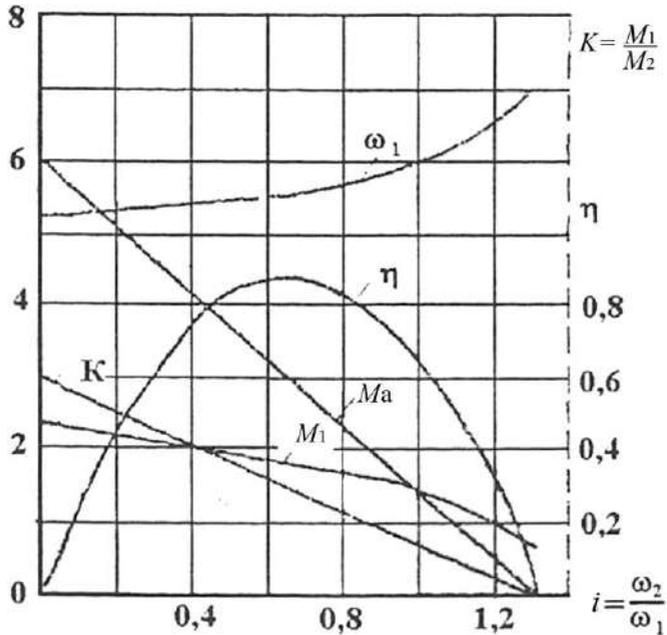


Рисунок 17.4 – Зовнішня характеристика гідротрансформатора

Основними показниками, що характеризують властивості гідротрансформатора, є співвідношення моментів на веденому і ведучому валах, оцінюване коефіцієнтом трансформації $K = M_2/M_1$; співвідношення кутових швидкостей на валах, що оцінюється передавальним числом $i = D_2 / D_1$ і коефіцієнт корисної дії η . Ці величини взаємопов'язані (див. рис. 17.4).

Як видно з графіків, при зменшенні швидкості обертання веденого вала D_2 і зменшенні передавального числа й обертового моменту, значно зростає з відповідним зростанням коефіцієнт трансформації K .

При повній зупинці веденого вала через значне перевантаження обертальний момент M_2 і K досягають максимального значення, тобто гідротрансформатор автоматично пристосовується до змінних навантажень, замінюючи собою дії коробки передач.

Якщо зміна обертального моменту M_2 на веденому валу впливає на величину обертального моменту двигуна M_1 і D_1 і вони при різних передавальних числах i змінюються, то такий гідротрансформатор називається прозорим, на відміну від непрозорого, в якого зміна зовнішнього навантаження не впливає на режим роботи двигуна.

Якщо зміна крутного моменту M_2 на веденому валу впливає на величину крутного моменту двигуна M_1 та вони при різних передавальних числах i змінюються, то такий гідротрансформатор називається прозорим, на відміну від непрозорого, у якого зміна зовнішнього навантаження не впливає на режим роботи двигуна.

На автомобілях використовують також комплексні гідротрансформатори. Схему та характеристику комплексного гідротрансформатора наведено на рис. 17.5.

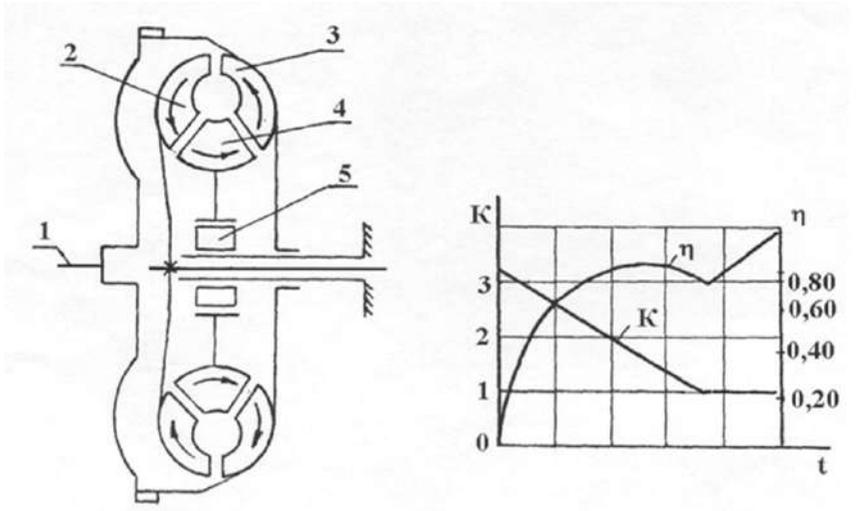


Рисунок 17.5 – Схема комплексного одноступеневого гідротрансформатора:

- 1 – колінчастий вал;
- 2 – турбіна; 3 – насос; 4 – реактор; 5 – муфта

Реактор у комплексному гідротрансформаторі закріплений за допомогою муфти вільного ходу 5 (див. рис. 17.5). При роботі на режимі перетворювача муфта вільного ходу заклинена і реактивне колесо жорстко зв'язане з корпусом.

При зміні режиму (зниженні навантаження на веденому валу) муфта вільного ходу розклинюється, і реактивне колесо починає вільно обертатися, тобто механізм перетворюється на звичайну гідродинамічну муфту. При цьому ККД підвищується.

Для ще більшого розширення зони дії високих значень ККД і збереження хороших трансформуючих властивостей застосовують комплексні гідротрансформатори з двома реакторами.

Гідротрансформатор, з одним турбінним колесом є одноступеневим.

Застосовуються також гідротрансформатори, в яких встановлено два турбінні колеса зі своїм реактором, що підвищує трансформуючі властивості гідротрансформатора, який називається в цьому випадку двоступеневим.

Для більшості одноступеневих гідротрансформаторів коефіцієнт трансформації $K = 2,0 - 3,5$.

Для більшого розширення діапазону передавальних чисел силової передачі автомобіля гідротрансформатор встановлюють у поєднанні з механічною двоступеневою або триступеневою коробкою передач звичай планетарного типу або з нерухомими осями.

Схема передачі автобуса класу 6 наведено на рис. 17.6. Автобус має гідромеханічну передачу з двома ступенями руху вперед і одна – назад.

Перемикання гідромеханічної передачі відбувається автоматично, залежно від швидкості руху автобуса і міри натискання на педаль керування дроселем. Для особливо важких умов руху автобуса (пісок, грязь, сніг, крутий підйом і тому подібне) передбачено незалежне керування першою передачею. Гідромеханічна передача автобуса складається з передньої опори, гідротрансформатора і механічного двоступеневого редуктора. Передня опора служить для передачі моменту від колінчастого вала двигуна через карданну передачу до насосного колеса гідротрансформатора й одночасно є корпусом гідротрансформатора.

Конструкцію і роботу гідротрансформатора автобуса можливо вивчити, використовуючи матеріальну частину.

Насосне колесо може блокуватися з турбінним колесом.

Гідротрансформатор – одноступеневий, напівпрозорий, максимальний коефіцієнт трансформації $K = 3,2$, ККД = 85 %. Він складається з насосного, турбінного колеса і двох реакторів. При нерухомій турбіні (при рушанні автобуса з місця) гідротрансформатор збільшує обертальний момент у 3,2 рази. Колесо насоса жорстко пов'язане з корпусом переднього фрикціона, який через гумові демпфери сприймає обертальний момент від маточини вала приводу.

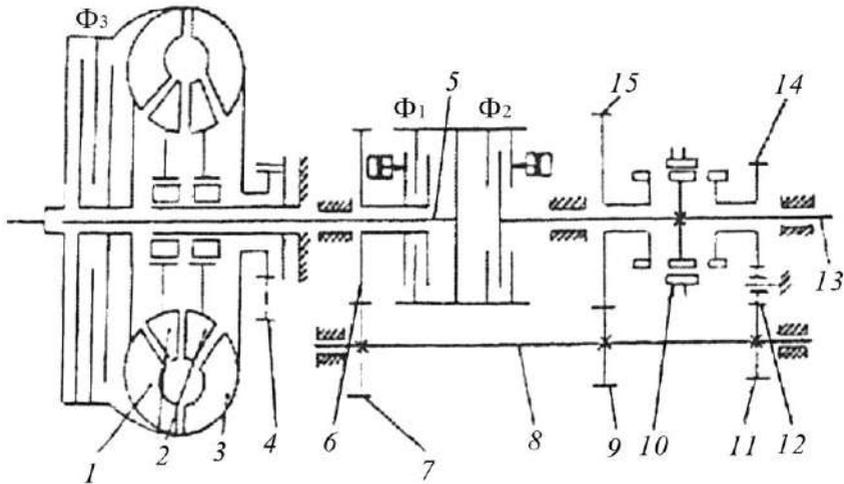


Рисунок 17.6 – Схема гідромеханічної передачі автобуса:

- 1 – турбінне колесо; 2 – реактори; 3 – насосне колесо;
- 4 – великий масляний насос; 5 – ведучий вал; 6 – шестерня ведучого вала;
- 7, 9 – шестерні проміжного валу; 8 – проміжний вал;
- 10 – муфта заднього ходу; 11 – шестерні заднього ходу проміжного вала;
- 12 – паразитна шестерня; 13 – ведений вал;
- 14 – шестерня заднього ходу; 15 – шестерня веденого вала;
- Φ_1, Φ_2, Φ_3 – фрикціони, що замикаються тиском масла гідротрансформатора

Колеса реактора посаджені на роликіві муфти вільного ходу. Обидва колеса виготовлено з алюмінієвого сплаву і відрізняються формою та кількістю лопаток.

Гідротрансформатор працює таким чином. При роботі двигуна колесо насоса обертається, і під дією відцентрової сили масло, що знаходиться між лопатками насоса, переміщається назовні від осі гідротрансформатора. Потім масло з колеса насоса надходить у турбину і, переміщуючись уздовж її лопаток, змінює напрямок руху, створюючи обертальний момент, що діє в тому ж напрямку, в якому обертається колесо насоса. Далі масло проходить через нерухомі лопатки реактора, де знову змінює напрямок руху і надходить знову в колесо насоса. На реакторах виникає момент, протилежний моменту на турбіні, муфти вільного ходу утримують реактори від обертання.

Момент на турбіні дорівнює сумі моментів на колесі насоса і реакторах. У міру розгону автобуса частота обертання турбіни зростає, унаслідок чого збільшується відцентрова сила масла в турбіні, яка протидіє відцентровій силі масла в колесі насоса. Це зменшує кількість масла, що протікає в колі циркуляції за одиницю часу. При цьому напрямок потоку масла, що входить у реактор, змінюється так, що обертальний момент у реакторі зменшується, а отже, зменшується і коефіцієнт трансформації. При певному співвідношенні частот обертання коліс насоса і турбіни масло надходить у первинний реактор у такому напрямі, що прагне развернути його в протилежну сторону, муфта звільняє реактор, і він починає обертатися вільно. З подальшим збільшенням частоти обертання турбіни звільняється другий реактор, і гідротрансформатор починає працювати як гідромуфта, внаслідок чого підвищується ККД. Надалі гідротрансформатор повністю відключається фрикціоном блокування, і обертальний момент підводиться до ведучого вала, минаючи гідротрансформатор.

Механічний редуктора коробки передач автобуса змінює момент двигуна. Він призначений для двоступеневої зміни і передачі обертального моменту від вхідного валу приводу на карданний вал заднього моста. Він виконаний за схемою з нерухомими осями. Знижувальна передача має передавальне число 1,79, задній хід – 1,71. Всі шестерні редуктора – косозубі, постійного зачеплення.

Працює механічний редуктор таким чином. На нейтралі всі фрикціони розімкнені, ведучий вал не зв'язаний з веденим валом, на знижувальній передачі замкнений фрикціон Φ_1 . У цьому випадку (див. рис. 17.6) шестерня 6, що вільно сидить на валу 5, виявляється сполученою з ним. Шестерні 7, 9, 11 проміжного вала 8 закріплені з

відповідними шестернями ведучого (шестірна 6) і веденого (шестірна 15) валів. При цьому гідротрансформатор працює.

На прямій передачі замкнутий фрикціон Φ_2 , ведучий вал 5 сполучений із вихідним валом 13. У цьому випадку гідротрансформатор працює. При блокуванні гідротрансформатора (гідротрансформатор не працює) замкнутий фрикціон Φ_3 .

Таким чином, здійснюється прямий зв'язок вала приводу з вихідним валом коробки передач. При задньому ході замкнутий фрикціон Φ_1 . Ковзана муфта 10 з'єднує вал 13 із вільно обертаючою шестірнею 14, яка пов'язана з шестірнею 11 через паразитну шестірню 12.

Гідротрансформатор в цьому випадку працює.

Вивчив схему, можливо визначити особливості керування гідромеханічною передачею автобуса.

Керування гідромеханічною передачею відбувається таким чином. Масло від шестеренних насосів через редукційний клапан надходить у головну магістраль, а звідти – до периферійних золотників на підживлення гідротрансформатора, на змащування підшипників і до гідравлічного перемикача. Вмикання тієї або іншої передачі залежить від положення периферійних золотників, які, у свою чергу, керуються гідравлічним перемикачем і переміщуються за допомогою електромагнітів першої та другої передачі. Гідравлічний перемикач зв'язаний із регулювальником, установленим на проміжному валу, коробка передач і система тяги та важелів зв'язані з педаллю керування дроселем.

При збільшенні частоти обертання вала кульки відцентрового регулювальника переміщуються від центра до периферії, надаючи при цьому поступального руху золотнику гідравлічного перемикача. У міру пересування золотника вперед масло з головної магістралі надходить під діафрагму мікроперемикача периферійних золотників, включаючи при цьому соленоїд другої передачі. При подальшому переміщенні золотника масло надходить до клапана блокування. При цьому відбувається випуск масла з робочого циліндра фрикціона блокування, і фрикціон замикається тиском масла в гідротрансформаторі.

Проаналізувати режими роботи гідромеханічної трансмісії автобуса можливо використовуючи кінематичну схему (див. рис. 17.6) і табл. 17.1. Для цього треба розглянути роботу гідромеханічної трансмісії на різних передачах.

Таблиця 17.1 – Робота гідротрансформатора

Режим роботи	Коефіцієнт трансформації K	Параметри			
		Частота обертів			Обертвий момент
		n_T турбіни	Пр ₁ реактора 1	Пр ₂ реактора 2	M_T турбіни
Гідротрансформація 1	$3,2 \leq K < 1,5$	$\ll n_H^*$	0	0	$M_H + M_{P1} + M_{P2}$
Гідротрансформація 2	$1,5 \leq K < 1$	$< n_H$	n_T	0	$M_H + M_{P2}$
Гідромуфта	$K = 1$	$\leq n_H$	n_T	n_T	$< M_H$
Блокування	$K = 1$	$= n_H$	n_T	n_T	$= M_H$

Контрольні запитання

1. Чим відрізняється конструкція гідромуфти від гідротрансформатора?
2. Що таке коефіцієнт трансформації?
3. Як визначити передавальне число?
4. Який гідротрансформатор називається прозорим і в чому його відмінність від непрозорого?
5. Які гідротрансформатори застосовуються на автомобілях?
6. Призначення реактора.

7. Як з'єднується реактор із нерухомими деталями гідротрансформатора?
8. В яких трансмісіях застосовується гідротрансформатор?
9. Яка кількість ракторів може бути у гідротрансформаторі?
10. Які переваги надає трансформатор?
11. Які рідини використовують у гідротрансформаторі?
12. Як визначити момент на турбінному колесі?
13. Яка трансмісія включає гідротрансформатор?
14. Що таке комплексний гідротрансформатор?
15. Як визначити ККД гідротрансформатора?
16. В чому особливості керування гідромеханічною передачею автобуса?
17. Для чого колеса реактора посаджені на роликові муфти вільного ходу?
18. Коли і для чого насосне колесо потрібно блокувати з турбінним колесом?
19. Як приводиться в рух турбінне колесо?
20. Яка величина ковзання між колесами гідротрансформатора може бути?
21. Що встановлюється для блокування насосного і турбінного коліс?

Лабораторна робота 18

РІЗНОВИДИ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу сучасних автоматичних коробок перемикання передач (АКП), що використовуються в трансмісіях автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції та плакати з конструкцій АКП;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій АКП;
- АКП у розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити конструкцію та порядок роботи АКП;
- визначити особливості конструкцій та порядок роботи АКП.

Загальні відомості

Сучасні планетарні коробки передач відрізняються великою різноманітністю. Зазвичай такі автоматичні коробки класифікуються за різними ознаками і в першу чергу за кількістю передач і особливостями компонування. Це з тим, що число передач визначає кінематичний діапазон коробки, від якого залежать експлуатаційні показники: паливна економічність і тягово-динамічні характеристики автомобіля.

Порівняно з застосовуваними раніше триступневими коробками передач чотириступеневі дозволили реалізувати ряд важливих переваг, що сприяють поліпшенню паливної економічності та динамічних якостей автомобіля. Однак питання про їх подальше вдосконалення залишалося відкритим. Прагнення подальшого підвищення динамічних якостей автомобілів та його паливної економічності вже на початку 90-х привело до створення п'ятиступневих планетарних коробок передач. Однак перш ніж переходити до розгляду кінематичних схем п'ятиступневих коробок,

зупинимося ще на одному важливому питанні. При розробці кінематичної схеми велике значення має покращення якості керування приводом планетарної передачі та реалізація плавного перемикавання. З цією метою в сучасних автоматичних коробках широко використовуються муфти вільного ходу. Детально аналіз муфт вільного ходу буде розглянуто далі.

З метою покращити динамічні показники та паливну економічність були створені п'ятиступеневі планетарні коробки передач. Значні роботи у цьому напрямку були проведені фірмами *ZF* та *Mercedes-Benz*. Якоюсь мірою створення цих передач стало відповіддю на появу шестиступеневих коробок з ручним керуванням. Фірма *ZF* розробила два варіанти п'ятиступеневих планетарних коробок. Перший варіант передбачав розвиток схеми *ZF4HP18* (Ровено). У кінематичну схему цієї чотириступеневої коробки передач було додано додатковий планетарний ряд, який забезпечив отримання ще однієї знижувальної передачі, при цьому реалізували такий ряд передавальних чисел: 3,67; 2,0; 1,44; 1,00; 0,74 і задній хід: – 2,75. Автоматична коробка, виконана за цією схемою, отримала індекс *ZF 5HP18*. Для реалізації зазначених передавальних чисел на першій, другій і третій передачах включене гальмо додаткового планетарного ряду, що зупиняє сонячну шестірню і реалізує знижувальну передачу з передавальним числом 1,41. На четвертій та п'ятій передачах цей ряд блокується. До недоліків цієї передачі можна віднести збільшення кількості вимкнених фрикційних елементів, що можуть створювати додаткові втрати.

Інший варіант компактнішої п'ятиступеневої коробки, розроблений фірмою *ZF* (за схемою Вільсона), отримав індекс *5HP-24*. У ньому використано три планетарні ряди, три муфти, три дискові гальма та муфти вільного ходу. Вказана автоматична передача встановлюється на автомобілях *BMW*, *AUDI* та інших.

П'ятиступенева АКП Mercedes-Benz

Фірмою Mercedes-Benz також була розроблена нова кінематична схема п'ятиступеневої коробки передач, якій було надано індекс 722.6. Ця коробка включає три планетарні ряди, три муфти, три дискові гальма і дві муфти вільного ходу. До її особливостей треба віднести зменшену кількість вимкнених фрикційних елементів, що сприяє зниженню дискових втрат.

На рис. 18.1 показано розріз АКП *Mercedes-Benz 722.6*.

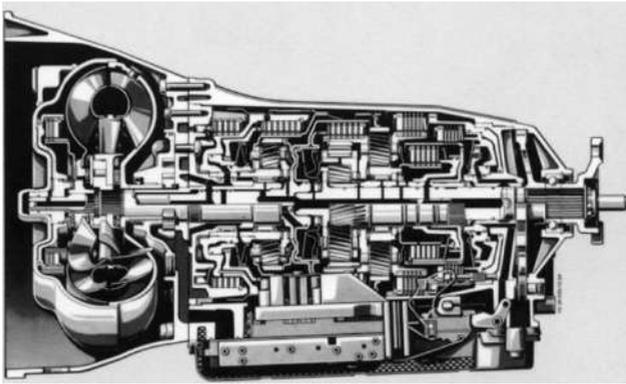


Рисунок 18.1 – Розріз АКП *Mercedes-Benz 722.6*

Подані автоматичні п'ятиступеневі планетарні коробки передач сприяли поліпшенню тягових і розгінних характеристик, а також паливної економічності легкових автомобілів. Однак при цьому довелося запровадити третій планетарний ряд, що збільшило довжину коробки до 500–650 мм. Використовувати такі коробки передач було можливим лише на автомобілях із заднім приводом. Тим часом на автомобілі малого і середнього класу в більшості випадків використовується передній привід з поперечним розташуванням двигуна. Для розміщення автоматичних планетарних коробок на таких автомобілях їхня довжина не повинна перевищувати 350–400 мм. У зв'язку з цим у кінці 90-х років активізувалися роботи зі створення п'ятиступневих планетарних коробок, які мають компактнішу конструкцію і, зокрема, зменшену довжину.

Як приклад такої конструкції можна навести п'ятиступеневу планетарну коробку передач японської фірми *JATCO* моделі *JF506E*, що розглядається нижче.

П'ятиступенева АКП фірми JATCO JF506E

На відміну від наведених раніше конструкцій п'ятиступневих коробок для задньопривідних автомобілів, планетарні коробки яких розташовувалися в одну лінію по осі колінчастого вала, п'ятиступенева коробка *JATCO JF506E* розташовується в дві лінії, при цьому на одній лінії знаходяться гідротрансформатор і два планетарні ряди, а на іншій лінії – третій планетарний ряд. На рис. 18.2 зображено розріз АКП *JATCO JF506E*

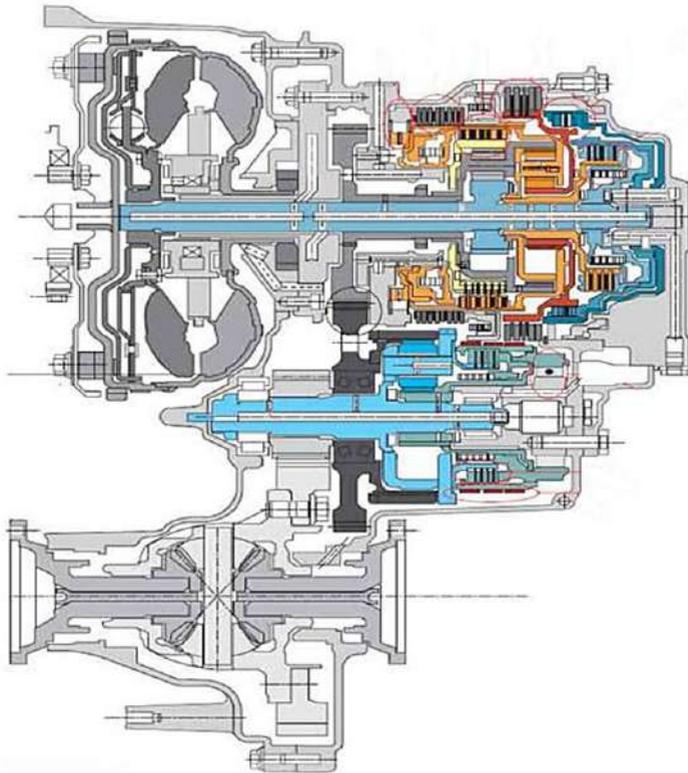


Рисунок 18.2 – Розріз АКП *JATCO JF506E*

Дана коробка передач може бути використана на автомобілях з переднім приводом та поперечним розташуванням двигуна, який має робочий об'єм до 3 л ($M_e = 310 \text{ Н}\cdot\text{м}$) $n_e = 7\,000 \text{ об/хв}$, при цьому її довжина становить близько 370 мм.

Шестиступенева АКПП ZF-6HP-26/32

Як подальший крок у галузі розвитку автоматичних коробок передач слід розглядати створення шестиступеневої автоматичної коробки передач ZF-6HP-26/6HP-32, яка розроблена фірмою ZF. На рис. 18.3 зображено розріз АКПП 6HP-26.

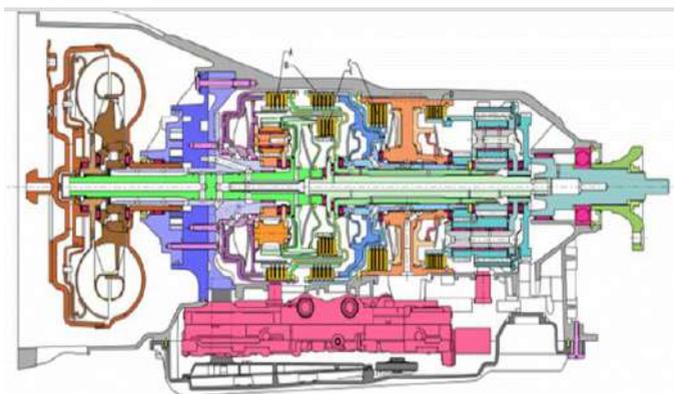


Рисунок 18.3 – Розріз АКПП 6HP-26

Кінематична схема, застосована в цій автоматичній коробці, включає планетарну передачу, причому перед основним планетарним рядом встановлено ще один планетарний ряд. Разом вони утворюють планетарну передачу Лепелетьє (*Lepelletier*). Вказана передача включає три муфти та три гальма, при цьому реалізується шість передач переднього ходу, а також передача заднього ходу. За такою ж схемою виконано АКПП Aisin Warner.

Застосування поданої шестиступеневої планетарної коробки дозволяє покращити паливну економічність автомобіля в результаті роботи двигуна на більш економічних режимах завдяки розширенню кінематичного діапазону до 5,5. Одночасно з розгляду поданих матеріалів впливає зниження дискових втрат у відключених муфтах, що

обертаються, оскільки їх число зменшено у порівнянні з п'ятиступеневими передачами. За даними виробника коробки зниження витрати палива становить до 5–7 % в порівнянні з автоматичною коробкою передач *ZF-5HP-24*, що застосовувалася раніше.

Одночасно, завдяки розширенню діапазону D_k і підвищенню щільності ряду в порівнянні з п'ятиступеневою передачею, досягається поліпшення розгінних якостей автомобіля на 1–5 %.

Крім того, завдяки раціональній схемі даного редуктора та вдалим конструкторським рішенням вдалося зменшити кількість фрикційних елементів, що використовуються для керування цією коробкою передач. За даними *ZF*, порівняно з п'ятиступеневими автоматичними коробками нова коробка передач легша на 30 кг і приблизно на 50 мм коротша. На сьогодні ця коробка передач використовується на автомобілях *BMW* серії 735i та 745i, та автомобілях *AUDI*. Однак, враховуючи серйозні переваги нової автоматичної коробки передач, очікується значне розширення сфери її застосування.

За цією ж схемою виконані дві АКП фірми *Aisin Warner* – для задньопривідних та повнопривідних автомобілів і передньопривідних автомобілів. На рис. 18.4 подано розріз АКП *Aisin Warner*

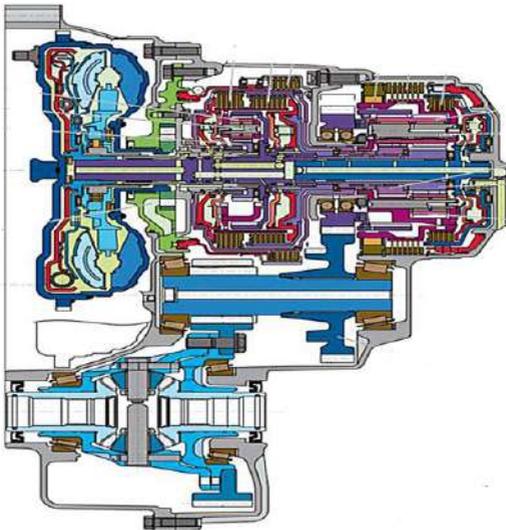


Рисунок 18.4 – Розріз АКП *Aisin Warner*

Перша встановлюється на автомобілях VW (*Tuareg* тощо), друга набула масового застосування на автомобілях VW, Ford, Volvo та ін.

Семиступенева автоматична коробка фірми Мерседес (версія 7.22.9).

Семиступенева автоматична коробка фірми Mercedes була розроблена в 2004 році відносно автомобілів вищого класу з двигунами до 5–6 л і призначалася замість раніше створеної п'ятиступеневої коробки (версія 7.22.6), яка була описана вище. Конструкція цієї нової коробки включає три планетарні ряди, один з яких складний і містить зчеплені сателіти та дві коронні шестірни. При незначному збільшенні габаритів можна розширити кінематичний діапазон до $D_k = 6,01$ і водночас ущільнити ряд передавальних чисел. При цьому коробка передач має чотири знижувальні передачі, пряму передачу і дві підвищувальні. За наявними даними, це дозволило поліпшити розгінні якості порівняно з автомобілями, на яких встановлюється п'ятиступенева автоматична коробка 722.6, приблизно на 5 %, особливо в діапазоні 60–120 км/год, а також покращити паливну економічність на 4–5 %. Останнє, мабуть, пов'язано із застосуванням двох підвищувальних передач. Крім того, при цьому досягається деяке зниження шуму двигуна за рахунок збільшення часу роботи в зоні оптимальних обертів.

Водночас можна припустити, що подальше збільшення кількості передач понад 6–7 на легкових автомобілях є недоцільним. Так, при 6–7 передачах досягається необхідний кінематичний діапазон, а подальше збільшення щільності ряду може погіршити роботу автоматичної системи керування через виникнення циклічності, при якій відбувається часте перемикання передач «вгору-вниз» навіть за незначної зміни опору руху. Крім того, при цьому має місце ускладнення конструкції.

Загалом поданий матеріал показує, як змінилися кінематичні схеми та конструкції автоматичних коробок передач за останній час, що в кінцевому результаті дозволило покращити експлуатаційні якості автомобілів та насамперед їх розгінні якості та паливну економічність.

На рис. 18.5 зображено АКП Mercedes 722.9.

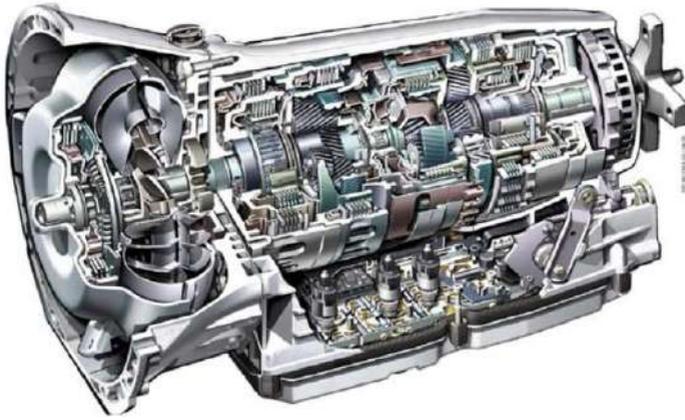


Рисунок 18.5 – АКП Mercedes 722.9

Конструкції вальних автоматичних коробок передач

Основні відомості про вальні коробки передач.

Незважаючи на численні спроби використання вальних коробок, вони на легкових автомобілях використовуються рідше, ніж планетарні. Це з тим, що у задньопривідних легкових автомобілях потрібна співвісна коробка передач. При використанні співвісної коробки передач у вальній коробці потрібно мати на кожній передачі не менше двох зачеплень у шестернях. При двох зачепленнях ККД коробки зазвичай нижчий, ніж планетарної.

Інший недолік полягає в тому, що при числі передач більше трьох на кожній передачі у вальній коробці зазвичай більше вимкнених муфт, ніж у планетарній, що призводить до зростання втрат. Недолік співвісної коробки на задньопривідному легковому автомобілі проявляється і в тому, що більшою мірою обмежує салон автомобіля. Зазначені недоліки виявляються і в передньопривідних автомобілях з поздовжнім розміщенням двигуна. Разом з тим, як показала практика, вальні автоматичні коробки передач можуть бути досить прийнятні при їх використанні в легкових автомобілях з переднім приводом і з поперечним розташуванням двигуна.

У цьому випадку коробка виконується за двовальною схемою і містить на кожній передачі лише два зчеплення шестерень, включаючи

головну пару. Завдяки цьому ККД у 2-х пар дорівнює 0,96 на кожній передачі, тобто вищий, ніж у планетарних передньопривідних коробок.

Дискові втрати в цих вальних коробках можуть виявитися дещо вищими, особливо при збільшенні числа передач переднього ходу більше чотирьох. Щоб зменшити дискові втрати в цих коробках, часто для включення заднього ходу використовується сервопривід із застосуванням зубчастих муфт. Така конструкція, хоча і дозволяє знизити дискові втрати, але при цьому збільшує час на увімкнення-вимкнення заднього ходу і дещо знижує плавність.

На серійних легкових автомобілях вальні автоматичні коробки передач отримали застосування вже в 60-х роках внаслідок робіт, проведених японською фірмою *Honda*. Слід зазначити, що у двовальних автоматичних коробках при збільшенні передач переднього ходу більше трьох необхідно застосовувати відносно довгі вали, що знижує жорсткість конструкції та призводить до збільшення шумності при її роботі, а також сприяє підвищеному зносу шестерень. Тому в 90-х роках з'явилися тривальні автоматичні коробки передач, вали яких були виконані більш жорсткими та короткими. Одночасно вдалося зменшити довжину цих автоматичних коробок.

Ці вальні коробки виявилось можливим використовувати на автомобілях з двигунами, робочий об'єм яких становив 1,4–3 л ($N_e = 70\text{--}150$ кВт). Приблизний ряд передавальних чисел у таких вальних коробках такий: $i_1 = 2,72$; $i_2 = 1,52$; $i_3 = 1,03$; $i_4 = 0,9$; $i_5 = 0,78$; $i_{3x} = 1,95$.

До позитивних сторін вальних коробок слід також віднести ту обставину, що конструктор більш вільний у виборі передавальних чисел порівняно з планетарними коробками.

Фірма *Mercedes-Benz* також розробила п'ятиступеневу автоматичну коробку передач (версія *MB-722.7*), яка випускається з кінця 90-х років і використовується на малих легкових автомобілях класу А, при цьому реалізовані такі передавальні числа: $i_1 = 3,63$; $i_2 = 2,09$; $i_3 = 1,31$; $i_4 = 0,9$; $i_5 = 0,72$; $i_{3x} = 3,67$.

П'ятиступенева АКП вального типу фірми Mercedes-Benz (версія MB -722.7)

Ця автоматична коробка була першою п'ятиступеневою коробкою, яка використовувалася на передньопривідних автомобілях малого класу з поперечним розташуванням двигуна. Розмістити автоматичну п'ятиступеневу коробку планетарного типу на автомобілях цього типу

довгий час не вдавалося, зважаючи на їх значно більшу довжину, порівняно з вальними коробками. Завдяки наявності п'ятої передачі виявилось можливим поліпшити експлуатаційні показники таких автомобілів.

Ця коробка (рис. 18.6) призначалася для автомобілів *Mercedes-Benz* із двигунами робочим об'ємом 1,4–1,9 л. ($N_e = 50–100$ кВт). Вона використовувалася на малих легкових автомобілях класу А та мінівенах. Ця коробка передач включає три вали та шість фрикційних елементів (муфт), які забезпечують реалізацію п'яти передач переднього ходу, а також задній хід.

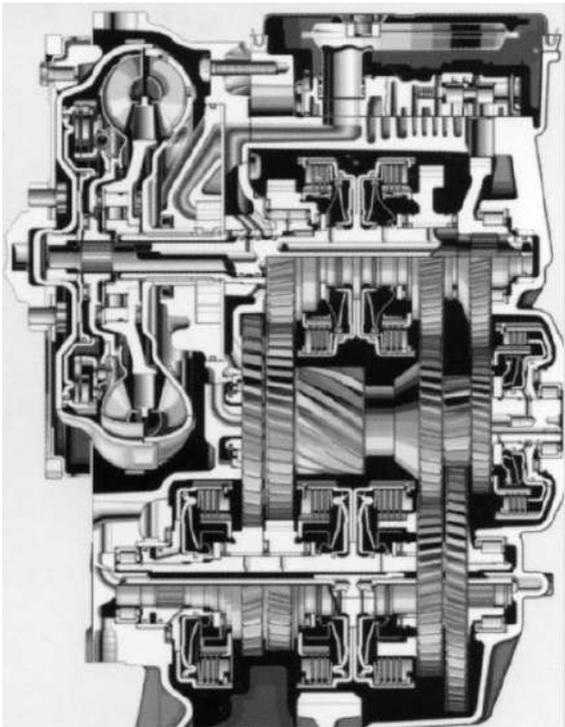


Рисунок 18.6 – Розріз АКП *MB 722.7*

Фірма *Honda* в 2002–2004 р. також розробила свою версію п'ятиступеневої коробки передач. Від описаної вище вона відрізняється

такими особливостями. Коробка передач призначена для використання з двигунами потужністю 100–150 кВт і має такі передавальні числа: $i_1 = 2,56$; $i_2 = 1,55$; $i_3 = 1,02$; $i_4 = 0,77$; $i_5 = 0,55$; $i_{зх} = 1,85$.

Для включення заднього ходу використовується зубчаста муфта із сервоприводом.

Конструкції автоматичних безступеневих коробок передач легкових автомобілів (АБКП)

Застосування в сучасних автомобілях безступеневих АКП дозволяє покращити їхню паливну економічність і динамічні якості. Переваги безступеневих коробок передач досягаються за рахунок того, що для кожного режиму роботи автомобіля (швидкості і опору руху) вдається підібрати найбільш ефективний варіант роботи силового агрегату. Кількість можливих режимів при русі в дорожніх умовах, що змінюються, нескінченно велика. Тому ясно, що ідеальна робота силового агрегату може бути досягнута, коли настільки ж нескінченною буде кількість ступенів у коробці передач.

У передачах зі ступеневою зміною передавального числа, як з механічним, так і з автоматичним перемиканням, на шляху збільшення кількості ступенів стоїть маса важкорозв'язних проблем. Зайве збільшення числа ступенів призводить до збільшення маси та габаритів коробки передач, ускладнення механізмів та алгоритму перемикання передач. Багаторазово збільшити кількість передач, одночасно уникнувши зазначених негативних наслідків, можна, якщо використовувати безступеневі передачі, у яких передатне число змінюється плавно і безперервно.

Нині відомо багато типів безступеневих передач. Однак численні спроби їх використання в автомобільній техніці тривалий час були безрезультатними. Причина полягає в специфіці вимог, що висуваються до трансмісії автомобіля.

Так, для достатньої конкурентоспроможності порівняно з традиційними передачами безступеневі передачі повинні задовольняти такі основні вимоги:

1. Забезпечити потрібний діапазон регулювання.

2. Мати високий ККД у сфері переважаючих режимів роботи.

Крім того, автомобільна безступенева передача повинна проходити по ряду інших жорстких параметрів: масі та габаритах, технологічності та невисокій вартості в умовах великосерійного виробництва, довговічності та надійності, а також ремонтпридатності.

З можливих типів безступневих передач, як показали дослідження, найбільш привабливими для використання в автомобільній техніці виявилися різні типи фрикційних варіаторів, які залежно від способу передачі крутного моменту можна розділити на дві основні групи:

- варіатори з безпосереднім контактом, у яких зміна кутової швидкості відбувається внаслідок відносного переміщення фрикційних елементів;

- варіатори з гнучким зв'язком.

Варіатори першої групи (торові, багатодискові та ін.) мають суттєві недоліки. Вони характеризуються значними контактними напругами; їм властиві великі тиски на вали та опори і недостатня довговічність. У зв'язку з цим зазначені варіатори відносно автомобільних силових передач практично не вийшли зі стадії експериментальних досліджень. З найвідоміших робіт слід відзначити роботи фірм *British Leyland*, *Nissan* та інших з тороїдальними варіаторами, які можуть виявитися перспективними.

Варіатори другої групи (з гнучким зв'язком) мають досить просту конструкцію, а також дозволяють порівняно легко здійснити автоматичне керування залежно від умов руху автомобіля.

На сьогодні найбільшого прогресу досягнуто у створенні безступневих варіаторів з гнучким зв'язком як найбільш пристосованих для масового виробництва. Слід зазначити, що ці варіатори у зв'язку з новими конструкторськими і технологічними рішеннями переживають інтенсивний період подальшого розвитку. Тут мають на увазі поява варіаторів з металевими гнучкими елементами, які сприяли збільшенню довговічності та підвищенню ККД.

Типовим представником цієї групи варіаторів є клинопасовий варіатор, що складається з двох пар конічних дисків (розсувних шківів) та гнучкого зв'язку (клиноподібного паса). Кінематична схема цього механізму є досить простою. Регулювання величини переданого крутного моменту і кількості обертів досягається шляхом зсуву та розсування конічних дисків.

При цьому передавальне число i_b дорівнює відношенню радіусів, за якими відбувається контакт ремня:

$$i_b = r_{b2} / r_{b1},$$

де r_{b1} – радіус положення ремня на ведучому валу; r_{b2} – на веденому валу.

Автоматичні безступеневі коробки передач фірми Van Doorne Transmissie – VDT

Початок застосування безступневих передач було покладено 1959 р. На автомобілі *DAF-600* з двигуном потужністю 16 кВт була вперше встановлена безступенева передача, що отримала назву *Variomatic*, розроблена голландською фірмою *Van Doorne*. Регулювання передачі Варіоматик відбувалося за двома параметрами: частотою обертання колінчастого вала і навантаженням на двигун, що визначалося розрядженням у впускному колекторі. Зрушення автомобіля з місця здійснювалося за допомогою відцентрового зчеплення.

Деякі характерні параметри передачі були такі. Діапазон регулювання $D_k = 4,33$; мінімальний радіус вигину ремня 93 мм. Для передачі максимального моменту 85 Нм використовувалися два клиноподібні паси шириною 25 мм. Пізніше модернізована передача *Variomatic* була встановлена на автомобілі *Volvo 343*.

У порівнянні з механічною чотириступеневою коробкою передач вона показала дещо гірші результати. Збільшення витрати палива у їздовому циклі становило 10 %. Це можна пояснити відносно невеликим діапазоном регулювання та низьким ККД безступеневої передачі, яка

становила максимально 80 %. Довговічність паса відповідала 50 000 км пробігу автомобіля.

Подальше розширення діапазону регулювання варіатора було проблематичним, тому що мінімальний радіус вигину паса не вдавалося зробити менше 93 мм, а довговічність клинового паса, як зазначалося, не перевищувала 50 000 км пробігу. У зв'язку з цим зусилля конструкторів та дослідників були спрямовані на покращення конструкції гнучкого зв'язку та її характеристик. Багато фірм проводили і досі ведуть активні роботи зі створення міцніших клинових пасів на основі гуми з армуванням або нитками із синтетичних волокон. Проте успіху було досягнуто на іншому напрямку.

На початку 80-х років голландською фірмою *Van Doorne Transmissie (VDT)* та німецькою фірмою *PIV Antrieb Werner Reimers* були розроблені нові конструкції гнучких металевих елементів та технології їх виробництва. Це дозволило підвищити ККД варіаторів, збільшити їх довговічність, а також забезпечити прийнятні габарити та масу.

Оскільки для нормального функціонування безступеневої передачі на автомобілі необхідно забезпечити плавне зрушення, нейтраль та задній хід, надалі були проведені роботи з удосконалення конструкцій безступневих коробок на основі варіатора *Transmatic* фірми *VDT*.

У 1984 р. фірми Форд та Фіат повідомили про оснащення своїх автомобілів *Ford Fiesta* та *FIATUno-70* автоматичними безступневими коробками передач. У цій безступеневій коробці передач застосований планетарний механізм зі зчепленими сателітами для реалізації переднього та заднього ходу. Для того щоб унеможливити перевантаження варіатора на задньому ходу, передавальне число вибрано рівним приблизно до $i_{зк} = -1$. Планетарний ряд керується мокрими багатодисковими муфтами та гальмом. За рахунок буксування цих елементів здійснюється досить плавне зрушення автомобіля з місця.

Голландська конструкція гнучкого елемента, використана в удосконаленому варіаторі, що отримала назву «штовхаючий елемент», являє собою набір тонких трапецеїдальних металевих блоків, пов'язаних двома багатодисковими стрічками (рис. 18.7). Кожна стрічка складається з 10 смуг мартенситностаріючої сталі завтовшки 0,2 мм. Трапецеїдальні

блоки штампуються зі сталеві смуги завтовшки 2 мм. Збирається гнучкий елемент установкою багат шарових стрічок у бічні прорізи трапецеїдальних блоків.

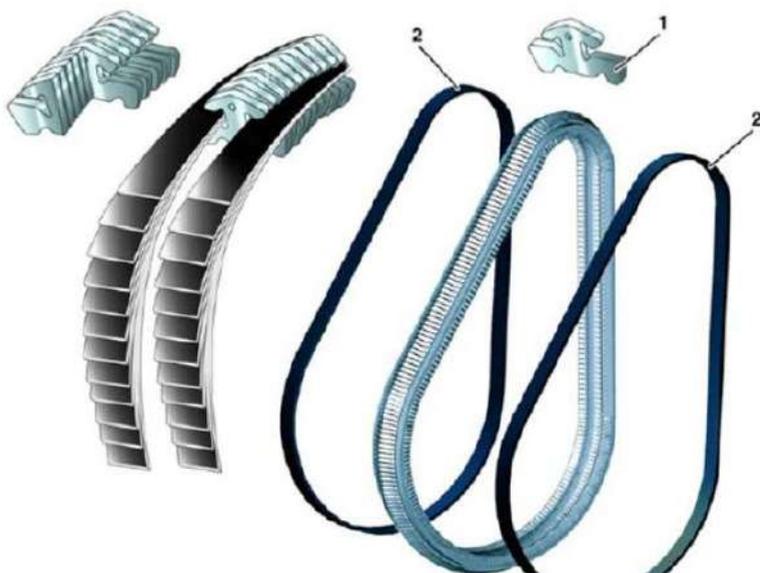


Рисунок 18.7 – Пристрій гнучкого елемента VDT:

1 – пластина; 2 – стрічка сталеві

ККД удосконаленої передачі, що отримала надалі назву «*Transmatic*», змінюється від 86 % при максимальному передатному числі до 88–90 % при повній потужності. На часткових навантаженнях ККД знижується.

Максимальний ККД посідає зону передавальних чисел, еквівалентну 2-й і 3-й передачам механічної коробки передач (1,6–2,2). При цьому передавальне число варіатора приблизно 1,0. Зміщення i_b від 1,0 в обидва боки знижує ККД. Так, при номінальному навантаженні 80 Нм та передаточному числі варіатора 1,0 (еквівалентне передатне число МКП-1,8) ККД становить 90 %, а за $i_b = 0,5$ (0,88 відповідно) ККД знижується до 0,87. ККД передачі також залежить і від крутного моменту, який

передається. Удосконаленим варіатором зацікавилися провідні автомобільні фірми Японії, Америки та Європи. Наприкінці 90-х багато японських фірм (*Nissan, Honda, Suzuki, Subaru*) використовували описаний варіатор на автомобілях з двигунами до $N_e = 73$ кВт, які випускалися невеликими серіями. У Європі цей варіатор використовувався на малолітражних автомобілях *Ford Fiesta* $N_e = 55$ кВт. У Європі значний інтерес до робіт у цій галузі виявила також фірма *ZF*, відома своїми досягненнями у сфері автоматичних трансмісій.

АБКП фірми ZF

Безступеневі автоматичні коробки передач (АБКП), розроблені фірмою *ZF* на основі варіатора *Transmatic*, відрізняються покращеною компактною конструкцією, при цьому планується реалізація кількох типорозмірів цієї конструкції з вхідним моментом від 130 Нм до 350 Нм та потужністю від 51 до 184 кВт. У виконанні фірми *ZF* ця АБКП отримала назву – *Ecotronic*. Характеристики різних модифікацій АБКП «*Ecotronic*». Фірма *ZF* пропонує АБКП «*Ecotronic*» (рис. 18.8) для передньопривідних автомобілів з поперечним розташуванням двигуна у чотирьох варіантах. Вони мають різні масогабаритні показники та діапазон регулювання (від 5,45 до 5,82). Необхідно відзначити, що в конструкції АБКП «*Ecotronic*», розрахованій на передачу великого крутного моменту і, відповідно, призначених для більш дорогих і потужних автомобілів, використовується гідротрансформатор. Незважаючи на те, що застосування гідротрансформатора ускладнює конструкцію, а також дещо збільшує габарити, цим вирішується низка важливих проблем. Гідротрансформатор забезпечує більш плавне зрушення та знижує час переходу з мінімального передавального числа на максимальне (режим «кік-даун»). Відсутність ривків та ударних навантажень збільшує ресурс варіатора, сприяє підвищенню прохідності автомобіля та комфортності водіння.

Регулювання передавального числа варіатора здійснюється гідравлічною системою керування. Робочий тиск рідини створює масляний насос від первинного вала. Рухливі частини ведучого та веденого конічних дисків, що є одночасно поршнями гідроциліндрів, переміщуються під дією тиску рідини. Зазначимо, що загалом гідравлічні

системи керування зміною передавального числа варіаторів трохи простіші проти гідравлічних систем АКП з планетарними редукторами. Це пов'язано з тим, що у них менше керуючих пристроїв (клапанів, гідроаккумуляторів). У той же час робочий тиск рідини в АБКП зазвичай вищий, ніж у автоматичних коробках передач із планетарними редукторами.

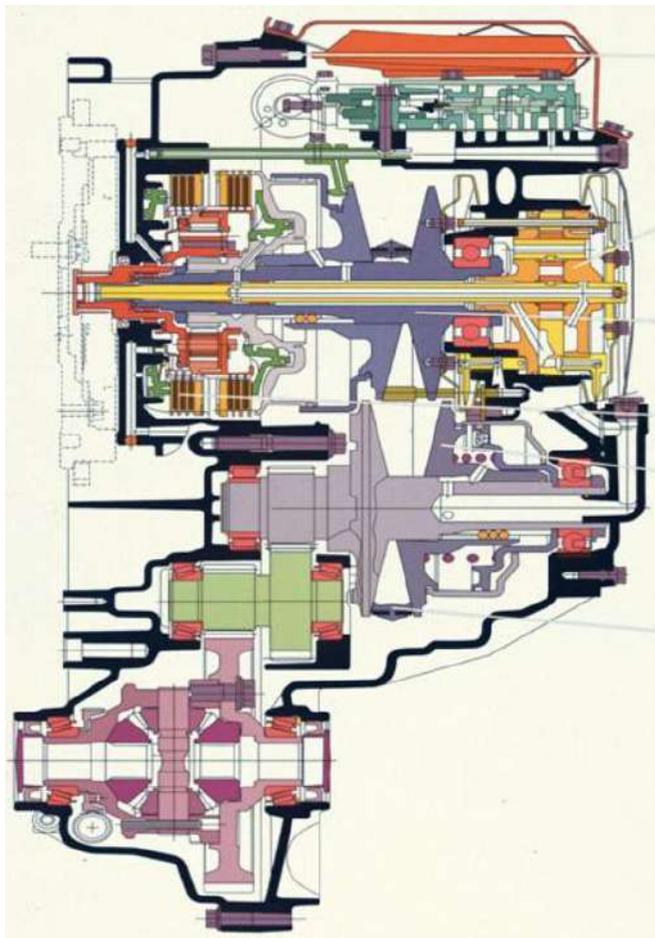


Рисунок 18.8 – Розріз АБКП «Ecotronic»

Подання про паливну економічність АБКП «*Ecotronic*» дають такі дані. За своїми показниками ця безступенева передача відповідає кращим 4-ступневим АКП, але дещо поступається п'ятиступневим АКП, незважаючи на те, що діапазон регулювання у неї навіть трохи більше; вона також поступається п'ятиступневим механічним коробкам передач на 5–7 % у змішаних їздових циклах. Це з тим, що ККД варіатора трохи нижче, ніж у зубчастих передачах, що у механічних коробках передач. Крім того, додаткове зниження ККД відбувається через відбір потужності для приводу масляного насоса високого тиску в системі керування. На рис. 18.9 наведено загальний вигляд однієї з модифікацій автоматичної безступеневої коробки типу *Ecotronic (CFT-23)* випуску 2004 р., яка використовується на автомобілях *Ford Focus C-Max*, де може застосовуватися також дизельний двигун з крутним моментом до 260 Н·м.

АБКП (з металевим ланцюгом) фірми Audi

Інший тип варіатора, про який вже згадувалося вище, передбачає використання як гнучкого зв'язку металевий ланцюг з малим кроком. Як зазначалося, роботи зі створення ланцюгового варіатора розпочато фірмою *PIV* ще на початку 80-х рр. Надалі ці роботи отримали розвиток у роботах концерну *Audi-Volkswagen* за участі фірми *LuK* стосовно автомобілів *Audi*. Фірма *PIV* запропонувала для свого варіатора особливий ланцюг із малим кроком. Ланки ланцюга зібрані із штампованих пластин, з'єднаних між собою осями, які при згині ланцюга працюють як шарнірні пари кочення. Крутний момент передається торцевими поверхнями осей ланок при їх точковому контакті з конічними дисками. Застосування точкового контакту зумовлює появу високої контактної напруги, що може призводити до зносу. Щоб витримувати високу напругу в точковій плямі контакту торцевих поверхонь конусних дисків і осей ланцюга, як матеріал для їх виготовлення служить підшипникова сталь типу ШХ15, яка після

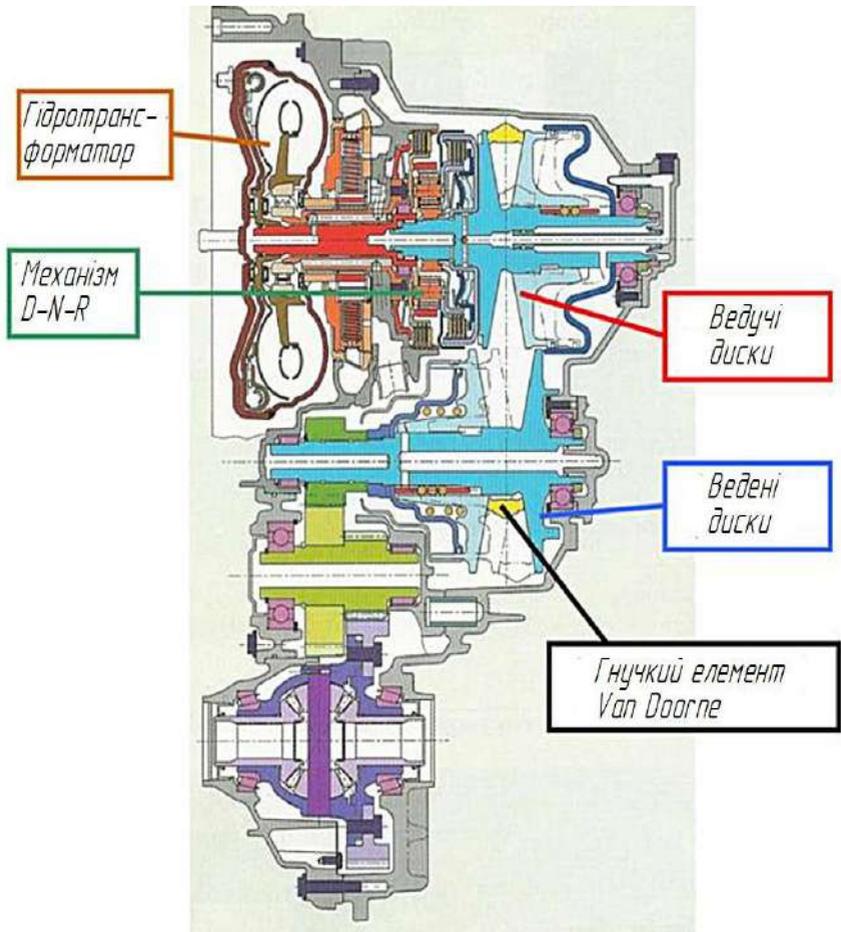


Рисунок 18.9 – Розріз АБКП «Ecotronic» CFT-23 з гідротрансформатором

термообробки має твердість приблизно 1000 НВ. Ланцюг забезпечує мінімальний радіус вигину 25–28 мм, що сприяє зменшенню габаритів варіатора.

Цим переваги ланцюгового варіатора не обмежуються. Його конструкція забезпечує менший рівень втрат, що визначається незначним силовим ковзанням у плямі контакту та елементах ланцюга. Порівняльні

випробування варіаторів *PIV* та *Transmatic*, які проведені фірмою *PIV*, показали переваги ланцюгового варіатора, який мав вищий ККД, особливо при малих навантаженнях.

Результатом проведених робіт стала експериментальна АБКП для передньопривідного легкового автомобіля концерну *Volkswagen*. Діапазон регулювання дорівнював $D_k = 5,5$; маса 45 кг та міжцентрова відстань 142 мм. Роль зчеплення у цій конструкції виконує гідротрансформатор. Механізм реверса є планетарний редуктор, керований за допомогою фрикційної муфти (передній хід) і стрічкового гальма (задній хід). Варіатор складається з конічних дисків, встановлених на ведучому та веденому валах, металевого ланцюга, гідроциліндрів керування дисками та головної передачі, компактно розміщені в одному блоці. Одночасно було вдосконалено систему керування, яка дозволяла регулювати силу стиснення між конусними дисками та ланцюгом. Це дозволяло збільшити довговічність деталей варіатора, який після 150 тис. км пробігу знаходився у задовільному стані. Надалі увага концерну *Volkswagen* була перенесена на інший об'єкт – автомобілі *Audi*. Щодо зазначеного об'єкта в 1999 р. розроблено кілька модифікацій АБКП, що отримали назву *Multitronic* (рис. 18.10), які призначалися для роботи з двигунами потужністю 100–155 кВт і крутним моментом $M_c = 200–330$ Н·м. Нові автоматичні безступеневі коробки з ланцюговим варіатором (рис. 18.11) мали діапазон регулювання $D_k = 6,0–6,2$, що дозволяло реалізувати високі динамічні якості та паливну економічність. Передаточне число варіатора, використаного на автомобілі Ауді А6, змінювалося від $i_{max} = 2,4$ до $i_{min} = 0,4$; $D_k = 6,0$. Порівняно з п'ятиступеневими механічними коробками передач зазначений автомобіль у їздовому циклі показав кращу економічність: витрата палива 9,7 л/100 км проти 9,9 л; кращу динаміку: розгін до 100 км/год за 8,1 с проти 9,9 с. Крім хорошої економічності заслугою АБКП *Multitronic* можна вважати те, що вона вперше розширила галузь практичного

застосування безступеневих передач у бік двигунів з крутним моментом, до 330 Н·м.



Рисунок 18.10 – Вид АБКП Multitronic

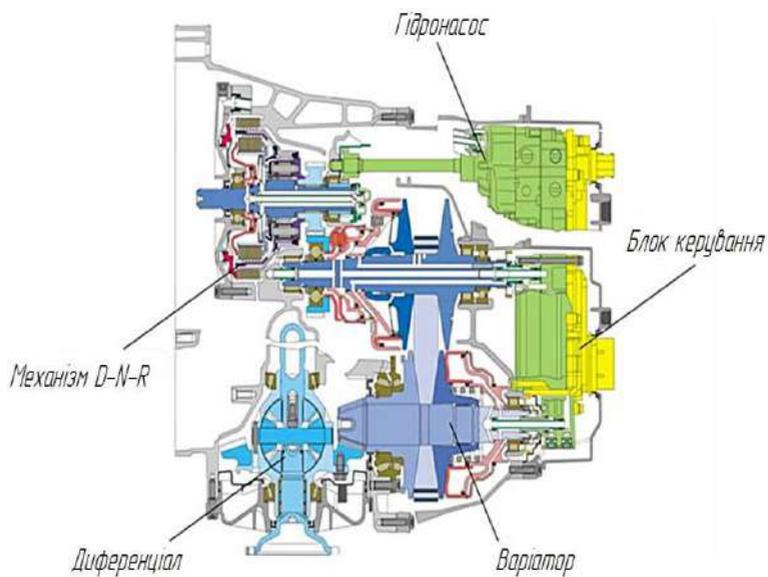


Рисунок 18.11 – АБКП з ланцюговим варіатором

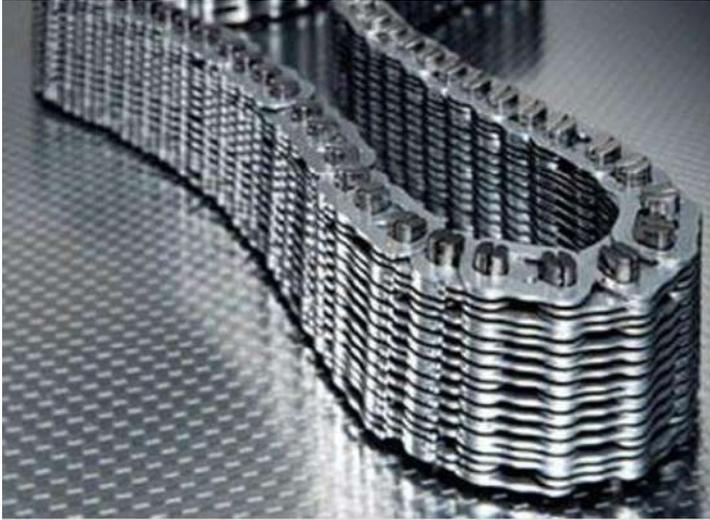


Рисунок 18.11 – АБКП *Multitronic* (ланцюг) (продовження)

Як видно з поданих матеріалів, *Multitronic* включає планетарну передачу для реалізації переднього і заднього ходу, одну пару паразитних шестерень, які дозволяють змістити варіатор убік, що полегшує розміщення конічної головної передачі для приводу передніх коліс. Конструкція, однак, є дещо громіздкою і, можливо, має резерви для подальшого вдосконалення. Планетарна передача для реалізації переднього та заднього ходу виконана приблизно за тією ж схемою, яка використана в АБКП «*Ecotronic*».

Конструкція планетарних автоматичних коробок передач легкових автомобілів

Так само, як автомобіль, АКП з компонування поділяють:

- на задньопривідні;
- передньопривідні поперечні (з поперечним розміщенням двигуна);
- передньопривідні поздовжні (з поздовжнім розміщенням двигуна);
- повнопривідні на основі задньопривідних;
- повнопривідні на основі передньопривідних поперечних;
- повнопривідні на основі передньопривідних поздовжніх.

Оскільки габарити АКП дещо більші за габарити звичайних механічних коробок передач, їх компоновання та розміщення на автомобілі відрізняються деякими особливостями.

Загальне компоновання АКП та особливості їх розміщення на легковому автомобілі

Задньопривідні АКП мають найбільш вільне компоновання. Вони не обмежені ні за довжиною, ні за поперечними розмірами. Єдине обмеження – вертикальний розмір (від осі АКП до нижньої точки піддона), що впливає на дорожній просвіт автомобіля. Тому при розробці таких АКП, насамперед, є потреба у збільшенні передач.

Вони мають розвинений нижній піддон, у якому розташовується гідравлічна система керування, масляний фільтр та резервуар для робочої рідини. У задньопривідних АКП немає обмежень і на розміри гідротрансформатора, тому він може виконуватися з розмірами, що відповідають ідеальним теоретичним, при цьому можливе використання триканального керування зчепленням блокування ГТ та охолодження ГТ. Прикладом такої АКП може бути модель *GM 5L40E* (рис. 18.12).

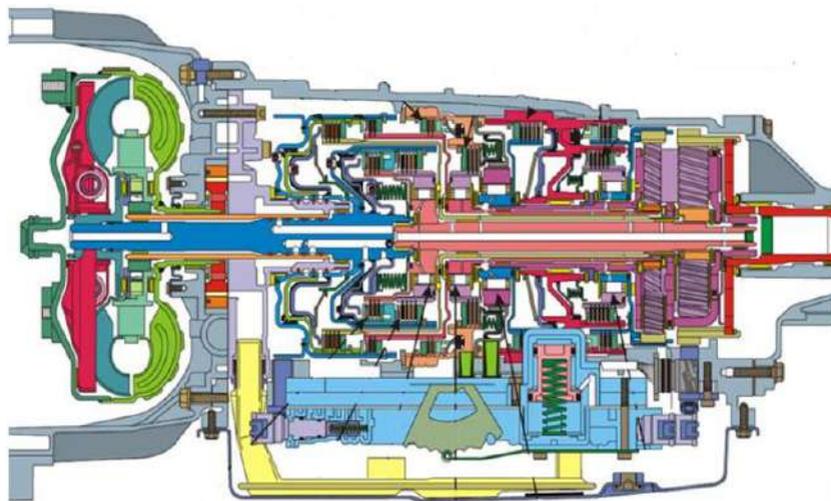


Рисунок 18.12 – Розріз АКП *GM 5L40E*

Аналогічно і з передньопривідними поздовжніми АКП (рис. 18.13) деякі обмеження накладаються у зв'язку з необхідністю розташування геліодної головної передачі між ГТ і планетарною коробкою передач, а також у зв'язку з передачею крутного моменту з виходу планетарної коробки передач на проміжний вал через узгоджувальну зубчасту або ланцюгову передачу. Це вимагає розміщення в картері АКП радіально-упорних підшипників для сприйняття поздовжніх та поперечних сил від цих передач, підвищення жорсткості картера, застосування окремих масляних систем для АКП та додаткових передач. Усе це призводить до збільшення масогабаритних показників таких АКП та зниження їх ККД.

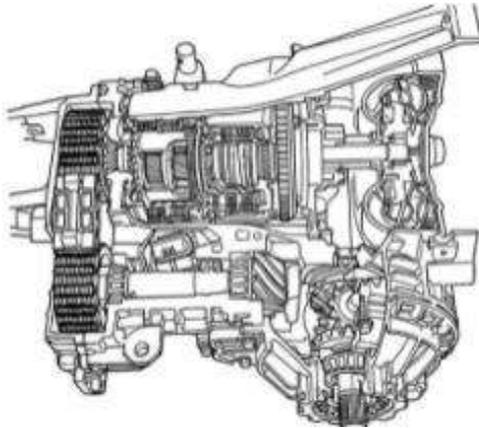


Рисунок 18.13 – Вигляд АКП 42 LE фірми *Chrysler*

Передньопривідні поперечні АКП мають найбільш жорсткі вимоги до поздовжніх розмірів і розміру до нижньої точки. Останнє обмеження призводить до того, що у деяких АКП відсутній нижній піддон, а система керування розташовується або зверху, або збоку. Гідротрансформатор виконується зі стиснутою до 70 % робочою порожниною, що знижує його ККД.

Передньопривідні поперечні АКП виконуються у кількох варіантах. Перший і найпоширеніший варіант – лінійний, тобто. ГТ і планетарна коробка передач розташовуються в лінію по осі коленвала двигуна, а головна передача переміщена вниз. Передачу крутного моменту між

ними здійснює узгоджувальна зубчаста або ланцюгова передача. Така схема застосовується при об'ємах двигуна до 3-х літрів, що мають відносно невелику довжину і дозволяють розмістити АКП у просторі між двигуном та лонжероном. Як приклад таких конструкцій подані АКП *JATCO JF 506* та *Aisin Warner*. Більшість таких передньопривідних АКП мають вихід планетарних рядів назад, у бік від двигуна, тому для з'єднання з головною передачею та узгодження напрямку обертання потрібна проміжна узгоджувальна передача зубчаста і проміжний вал, що додатково знижує ККД АКП на 2–2,5 % у порівнянні з задньопривідними. Деякі АКП, наприклад мод. *CD4E* фірми *Ford* мають ланцюгову передачу для узгодження напрямку обертання і планетарний редуктор як головну передачу.

Двигуни більшого об'єму (від 3 до 5 літрів) мають значну довжину, і місця для розміщення АКП на таку потужність двигуна між ним та лонжероном недостатньо. У цьому випадку на автомобілях фірми *Ford* та *GM* застосовується другий варіант компонування АКП – Г-подібний (рис. 18.14).

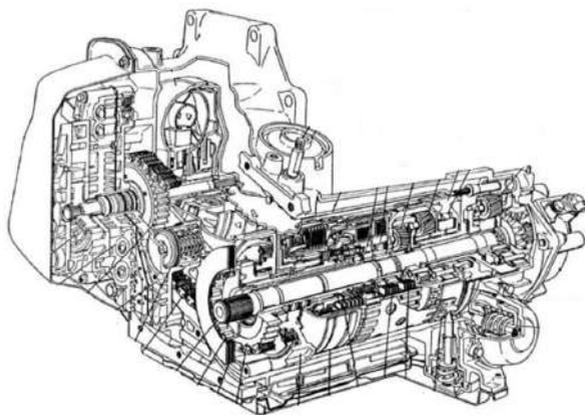


Рисунок 18.14 – Видяк АКП *GM 4T60-E*

Він відрізняється тим, що гідротрансформатор, масляний насос та система керування розташовуються по осі двигуна, а планетарна коробка – на паралельному валу. Передача крутного моменту від турбінного вала

на первинний вал планетарної коробки здійснюється зубчастим ланцюгом. За такої конструкції вал приводу лівого колеса проходить через всю коробку. Зазначимо, що в АКП, виконаних за вказаною Г-подібною схемою, використовується планетарний редуктор головної передачі, що підвищує сумарний ККД і знижує рівень шуму. У таких передачах застосовуються стрічкові гальмівні механізми, що дає змогу зменшити поперечний розмір коробки та збільшити дорожній просвіт.

Для двигунів з робочим об'ємом до 3 л з переднім приводом та поперечним розташуванням може бути використаний третій варіант – п'ятиступенева АКП фірми *JATCO JF506E*, кінематична схема якої була наведена вище. До її особливостей слід віднести розміщення планетарної коробки у дві лінії, що дозволило суттєво зменшити її довжину. Цей варіант відрізняється тим, що гідротрансформатор та два планетарні ряди розташовуються співвісно з колінчастим валом двигуна, а третій планетарний ряд розміщується на іншому паралельному валу.

Аналіз конструкцій компонентів АКП

Усі подані вище АКП складаються з функціонально однотипних вузлів, таких, як: масляний насос, картер, планетарні механізми, муфти вільного ходу та гальма, вали та опори, системи гідравлічного або електронногідравлічного керування. Далі розглянемо конструкції основних вузлів та особливості їх розміщення в АКП.

Картер АКП

Картер АКП є технологічно найбільш складним та дорогим вузлом АКП. Сучасні картери одержують методом кокільного впливання під високим тиском із алюмінієвих сплавів. При цьому у виливку отримують багато конструктивних елементів остаточно, без подальшої механічної обробки. До таких елементів належать отвори під кріплення, шліцеві з'єднання, масляні канали, що з'єднуються із системою керування.

Картери АКП задньопривідних автомобілів мають переважно схожу конструкцію, при цьому картер функціонально складається з трьох частин:

- картер гідротрансформатора;
- картер коробки передач;
- хвостовик.

У деяких АКП їх конструктивно поєднують. Це підвищує жорсткість конструкції, зменшує кількість кріплення та оброблюваних поверхонь, але ускладнює уніфікацію АКП для різних автомобілів та

двигунів. Так, АКП фірми МВ мод. 722.0 та 722.1 мали роздільні всі 3 картери, мод. 722.3, 722.4 і 722.5 мали тільки знімний хвостовик і масу варіантів картерів через велику різноманітність двигунів, а мод. 722.6 має роздільний змінний картер ГТ і єдиний картер редуктора з хвостовиком.

Картери АКП передньопривідних автомобілів, як правило, функціонально поділяються на дві частини:

– картер гідротрансформатора, поєднаний з картером головної передачі;

– картер планетарної коробки передач.

У деяких випадках (наприклад, АКП мод. 42LE) застосовується моноблочний картер, в якому розташовуються всі вузли АКП.

Планетарні механізми

Планетарні механізми (рис. 18.15) складаються з центральних зубчастих коліс із зовнішнім зубом (сонячна шестірня), центральних зубчастих коліс із внутрішнім зубом (коронна, або епіциклічна шестірня) та блока проміжних шестерень (сателітів), зібраних у єдиний вузол.

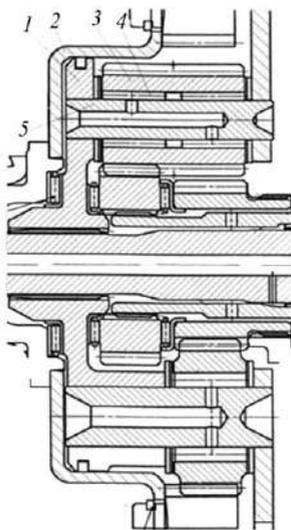


Рисунок 18.15 – Планетарний механізм:

1 – корпус водила; 2 – екран-уловлювач масла; 3 – сателіт;

4 – гольчастий підшипник; 5 – вісь сателіта

Найскладніший вузол планетарного ряду – це водило. Воно має забезпечувати точність геометричного розташування сателітів, передачу крутного моменту, змащування зчеплень і підшипників сателітів. Водила виготовляють із чавунних та сталевих виливків, алюмінієвих сплавів під високим тиском, методом порошкової металургії або штамповарними. Вони бувають розбірними та нерозбірними. Вісь сателітів 5 – найбільш навантажена деталь планетарного ряду. На неї впливає поперечна тангенціальна сила зчеплення, що передається через голчастий підшипник 4 сателіта 3, тому вона повинна мати високу твердість поверхні (*HRC 56-62*) і в'язку серцевину. Часто в осях свердяться канали для підведення масла до підшипників сателітів. Осі сателітів повинні бути зафіксовані від провороту, щоб унеможливити розбивання отвору у водилі, та від поздовжніх зсувів. Для фіксації застосовують розкернювання осей, штифтування кільця в канавках осей, приварювання осей до сталевого водила тощо. У будь-якому випадку фіксація має бути надійною та компактною. Тому приварювання осей – має меншу надійність, хоча вона і дозволяє отримати компакту конструкцію.

Теоретично сателіти розвантажені від осьових сил, але реально за рахунок відхилень від ідеальних геометричних форм і розмірів осьові сили присутні. Для їх сприйняття застосовуються підшипники ковзання, що виконуються, як правило, у вигляді набору сталевих та бронзових шайб. Перша шайба – сталева – прикриває торці голчастого підшипника та захищає торець сателіта від зносу. Друга шайба – бронзова – є антифрикційною. Третя шайба – залізна – захищає водило від зносу. Бажано, щоб третю шайбу було зафіксовано від обертання.

Торцевий зазор між сателітом та водилом повинен бути 0,2–0,4 мм. В цьому випадку голчастий підшипник працює як насос і засмоктує масляний туман усередину себе, таким чином самозмащуючись. Такого типу масла достатньо, якщо відносна кутова швидкість підшипника сателіта невисока, що буває, якщо планетарний ряд працює тільки на передачах, що знижують.

Муфти вільного ходу

Муфти вільного ходу широко застосовуються в АКП практично всіх виробників. Їхня кількість у деяких АКП доходить до трьох. Вони забезпечують хорошу плавність перемикання передач, компактні і

передають значні крутні моменти при мінімальних габаритах. Найчастіше їх застосовують як реактивний елемент на першій передачі, але використовують і для передачі активного крутного моменту.

В АКП застосовують два типи муфт вільного ходу (МВХ) (рис. 18.16):

- роликів МВХ;
- кулачкові МВХ.

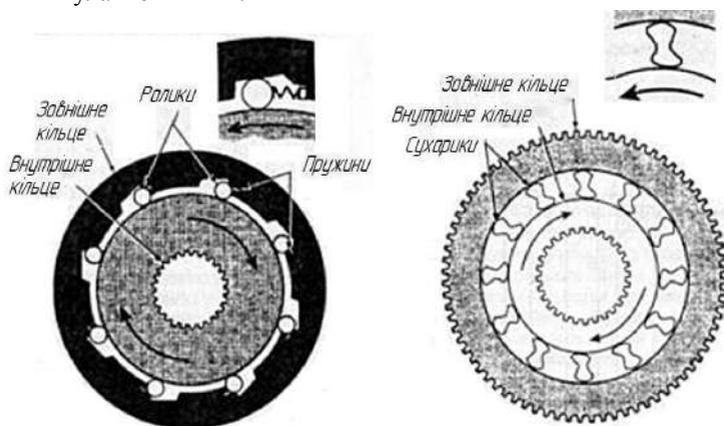


Рисунок 18.16 – Типи муфт вільного ходу

Обидва типи мають свої переваги та недоліки. Так, роликів МВХ мають як елемент заклинювання стандартний ролик, але при цьому одна з обойм має технологічно складну форму. Кулачкові МВХ мають обидві обойми простої циліндричної форми, але елементи заклинювання – кулачки – мають складну геометричну форму. Їхнє виробництво дуже специфічне, тому його здійснюють спеціалізовані фірми (наприклад, *Borg Warner*).

Контактні поверхні обойм МВХ вимагають обов'язкове масло, оскільки в більшості випадків у розімкнутому стані заклинюючі елементи постійно контактують з обоймами. При цьому відносна лінійна швидкість контакту може перевищувати 60 м/с. З цього погляду краще, якщо зовнішня обойма обертається, а внутрішня нерухома. У цьому випадку відцентрова сила, що впливає на заклинюючі елементи,

віджимає їх від внутрішньої обойми, зменшуючи тертя та зношування МВХ.

Обойми та елементи заклинювання виготовляють із підшипникових сталей типу ШХ15 із загартуванням до твердості 58...62 HRC.

Вали та опори

У планетарних коробках передач вали виготовляються з легованих цементованих маловуглецевих хромонікелевих сталей. Такі сталі добре піддаються ковці, розкочуванню, зварюванню, накатці шліць, поверхневому зміцненню ділянок під підшипники та канавок під кільця ущільнювачів. Можна також використовувати нітроцементовані сталі, якщо не потрібно великої глибини загартованого шару, що, наприклад, необхідно для голчастих підшипників.

Дискові муфти та гальма

Найчастіше як елементи керування використовуються дискові муфти та гальма. Зазначені фрикційні елементи дозволяють отримати великі поверхні тертя в порівнянні зі стрічковими гальмами, а також забезпечити більш високу якість перемикання передач. Принцип роботи дискового гальма не відрізняється від принципу роботи блокуючої муфти, при цьому гальмо з'єднує будь-яку ланку АКП з картером, а блокувальна муфта з'єднує будь-які дві ланки АКП між собою.

Корпуси муфт та гальм

В АКП ранніх конструкцій корпуси муфт (рис. 18.17) виготовлялися механічною обробкою із сталевих чи чавунних заготовок. Збільшення масштабів виробництва зажадало застосування більш дешевих способів, таких, як листове штампування або порошкова металургія.

Такі способи дозволяють отримати корпуси з мінімальними відходами вихідного металу. Останнім часом все частіше корпуси виготовляються із алюмінієвих сплавів литтям під високим тиском. При застосуванні будь-якого з цих методів без додаткової механічної обробки виконуються циліндричні поверхні, шліцеві елементи, фаски і т.д. Механічною обробкою виготовляють канавки для ущільнювальних та стопорних кілець і забезпечують необхідну чистоту поверхонь.

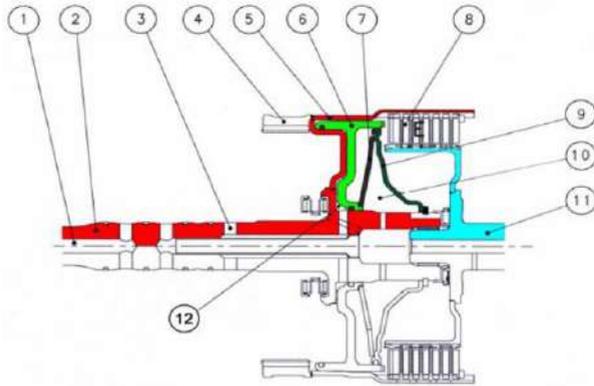


Рисунок 18.17 – Штамповані конструкції муфт:

- 1 – канал підведення в гідротрансформатор; 2 – ведучий вал; 3 – канал підведення до поршня муфти; 4 – коронна шестірня, яка пов'язана з корпусом муфти; 5 – корпус муфти; 6 – поршень; 7 – віджимна тарілчаста пружина; 8 – комплект дисків муфти; 9 – відцентрове розвантаження; 10, 12 – порожнини керування муфтою; 11 – ведений вал

Ущільнення поршнів зчеплень

Ущільнення поршнів, як правило, виготовляються із гуми. Застосовуються ущільнення круглого, прямокутного та Г-подібного перерізу. Прямокутний переріз найменш переважніше, тому що при необхідному радіальному натягу, що забезпечує необхідну герметичність, створює значне тертя. Іноді для його зменшення поверхню кільця ущільнювача, що забезпечує рухомий контакт, виготовляють заокругленою радіусом 1,5–2,0 мм. Найкращим є Г-подібний переріз. Для зменшення габаритів іноді таке кільце вулканізують прямо до штампованого поршня, що збільшує його вартість, особливо під час ремонту АКП.

Зливні клапани

Для максимального зниження цього ефекту застосовуються зливні клапани, які розміщуються на максимально можливому радіусі корпусу. Фірма Хонда застосовує пластинчасті зливні клапани. Вкрай рідко

застосовуються постійно відкриті зливні отвори, що вимагають значного збільшення продуктивності масляного насоса.

Конструкція віджимних пристроїв

Віджимні пристрої необхідні для повернення поршня у вихідне положення та забезпечення тим самим необхідного зазору між дисками у вимкненому стані. Віджимні пристрої, як правило, пружинні, рідше гідравлічні та іноді комбіновані. Пружинні поділяють на центральні та периферійні. Центральні містять одну жорстку короткохідну пружину, співвісну з віссю обертання корпусу муфти. Пружини можуть бути як крученими, так і тарілчастими (пружини Бельвіля). Периферійні пружини виконуються як блок з кількох (6–12) пружин, розташованих по колу. Оскільки на кожну з периферійних пружин діє відцентрова сила, що згинає та зсуває їх, вони повинні мати добре розвинені напрямні, що перешкоджають усіяким радіальним переміщенням пружин. Сумарна сила віджимних пристроїв повинна бути настільки великою, щоб забезпечити повернення поршня за мінімальний час, але в той же час занадто велика віджимна сила вимагатиме збільшення або тиску, або площі поршня для стиснення дисків необхідною силою. При цьому час вимкнення муфти не повинен перевищувати 0,2 с. Останнім часом для виключення впливу відцентрового тиску застосовується пристрій відцентрового розвантаження поршня, що складається з перегородки з боку поршня, зворотної робочої, нерухомої в осьовому напрямку, але обертається разом з корпусом муфти. Порожнина, утворена поршнем і перегородкою, заповнюється рідиною із системи масла, і відцентровий тиск у цій порожнині врівноважує відцентровий тиск, що виникає у робочій порожнині під поршнем. Це дозволяє зменшити зусилля віджимних пружин, відмовитися від зливних клапанів та стабілізувати роботу муфти.

Диски муфт

Диски муфт поділяють зазвичай на сталеві та фрикційні. Сталеві диски у свою чергу, поділяють на натискні, проміжні та опорні. Сталеві диски виготовляються із середньовуглецевої сталі типу Ст 55, оскільки такі сталі мають максимальну теплоємність. Проміжні диски виготовляють листовою рубкою із спеціального сталевого прокату із

високою чистотою поверхні. Останнім часом почали застосовуватися листи не з полірованою поверхнею, а спеціально нанесений мікрорельєф для утримання масляної плівки. Товщина проміжних дисків повинна бути такою, щоб поглинути тепло, що виділяється в процесі увімкнення (буксування) муфти, при цьому температура поверхні диска не повинна підвищитись більше ніж на 15° за одне увімкнення.

Опорний диск найбільш навантажений. Його твердість визначає працездатність усієї муфти. Тому його роблять досить товстим – 4~6 мм. Іноді для надання більшої жорсткості його перетин роблять L-подібним.

Фрикційний диск складається з основи – сталевого диска завтовшки 0,8–1,0 мм і приклеєних до нього фрикційних накладок завтовшки 0,4–0,6 мм. Фрикційні накладки в сучасних АКП виготовляються з паперових композицій з різними наповнювачами, що забезпечують разом із відповідною робочою рідиною необхідні якості. Так, за рахунок застосованих наповнювачів можна, наприклад, підвищити коефіцієнт тертя або максимальну температуру, що витримується накладкою, або максимально допустиме зусилля зсуву. Звичайно, збільшення одного параметра призводить до зниження інших. Останнім часом застосовуються диски із накладкою, приклеєною з одного боку, тобто кожен диск є як сталевим, так і фрикційним. Це робиться для того, щоб у тепловідведенні брала участь вся маса металу. Це не тільки покращує роботу муфти, а й збільшує вартість самих дисків.

На поверхні фрикційних накладок наносяться канавки для проходження рідини, необхідної для масла та тепловідведення під час включення муфти. Форма канавок впливає на коефіцієнт тертя дисків і втрати крутного моменту у вимкненому стані. Але форма канавок впливає і на втрати крутного моменту при вимкненій муфті. Найбільші втрати крутного моменту створюють гладкі накладки. При зазорі між дисками менше 0,15 мм на пару тертя ці втрати також різко зростають (приблизно в 1,5 раза), а при збільшенні зазору до 0,6 мм знижуються вкрай незначно (приблизно на 20 %). Канавки займають від 10 до 20 % площі накладки, і це слід враховувати при розрахунку муфти на нагрівання.

Багато фірм застосовують не плоскі, а хвилясті фрикційні диски. Висота хвилі виробляється зазвичай 0,3–0,5 мм. Це дозволяє зменшити сумарну поверхню тертя дисків у вимкненому стані, що також знижує втрати крутного моменту. Крім того, такі диски дозволяють покращити плавність увімкнення муфти. Зазори між поверхнями, що труться, при таких дисках значно менше – 0,05 мм, але хід поршня визначається сумою зазорів і товщиною дисків у стислому стані. Так, при 5 дисках з висотою хвилі 0,4 мм і зазором між поверхнями тертя 0,05 мм хід поршня H дорівнюватиме:

$$H = 5 \cdot 0,4 + 5 \cdot 2 \cdot 0,05 = 2,5 \text{ мм.}$$

При плоских дисках та зазорі 0,15 мм хід поршня буде меншим:

$$H = 5 \cdot 2 \cdot 0,15 = 1,5 \text{ мм.}$$

Стрічкові гальма

Для керування автоматичними коробками передач (зупинки ланок планетарного ряду) поряд з дисковими гальмами використовуються також стрічкові гальма. Стрічкове гальмо включає два основні елементи: гальмівну стрічку і гальмівний барабан. Керування стрічковим гальмом здійснюється за допомогою сервопривода. Крутний момент, що сприймається стрічковим гальмом, визначається за відомими формулами, при цьому крутний момент, що сприймається, залежить від напрямку обертання барабана.

Гальмівна стрічка використовується з фрикційними накладками, при цьому статичний коефіцієнт тертя в маслі сталі зазвичай дорівнює 0,12 – 0,16. Допустимий тиск q змінюється в широких межах від 1 до 5 МПа залежно від матеріалів, що використовуються, накладок та умов роботи.

Гальмівні стрічки виготовляються зі смуги листової сталі, де закріплюється спеціальна фрикційна накладка. Накладки виготовляються з азбесту, металокераміки, спеціального паперу та пластичних матеріалів. Для сильно навантажених стрічкових гальм використовуються

металокерамічні накладки. В АКП легкових автомобілів зазвичай використовуються накладки на паперово-целюлозній основі, які не викликають великого зношування поверхні барабана, а також з кевлару. Барабани стрічкових гальм виготовляються із якісної сталі. Все ж таки стрічкові гальма через їх підвищену схильність до зносу і менш плавного процесу перемикання в останні роки використовуються рідше. Разом з тим, у деяких випадках використання стрічкових гальм замість дискових дозволяє зменшити поперечні габарити АКП. Наприклад, у зв'язку з цим вони використовуються на деяких АКП з поперечним розташуванням двигуна, що сприяє збільшенню дорожнього просвіту автомобіля.

Масляні насоси

Як правило, в АКП застосовуються шестеренні насоси внутрішнього зчеплення з нерухомим розділювачем (серпом), але також зустрічаються пластинчасті насоси регульовані, безсерпові героторні і дуже рідко зовнішнього зчеплення (*Honda*).

Насос АКП (рис. 18.18) виконує дві функції:

- створює тиск для функціонування системи керування і стиснення дисків муфти, що включаються;
- забезпечує подачу масла для охолодження і масла АКП.



Рисунок 18.18 – Масляний насос героторного типу

При тиску 1–1,2 МПа та робочій температурі 100 °С витрати в масляній системі становлять 3–5 л/хв. Для охолодження та змащення потрібно 4–6 л/хв при тиску 0,2–0,3 МПа. У сучасних АКП всю цю подачу 10–12 л/хв забезпечує єдиний насос на 1000 оборотів насоса при тиску 1–1,2 МПа (на повному навантаженні двигуна).

Контрольні запитання

1. Загальні відомості про планетарні АКП.
2. П'ятиступенева АКП *Mercedes-Benz*. Конструкція, принцип дії.
3. П'ятиступенева АКП фірми *JATCO JF506E*. Конструкція, принцип дії.
4. Шестиступенева АКП *ZF-6HP-26/32*. Конструкція, принцип дії.
5. Конструкції вальних автоматичних коробок передач. Наведіть основні відомості.
6. Конструкція п'ятиступеневої АКП вального типу фірми *Mercedes-Benz* (версія MB -722.7).
7. Основні вузли та механізми автоматичних безступневих коробок передач (АБКП) фірми *Van Doorne Transmissie – VDT*.
8. Назвіть особливості конструкції, принцип дії АБКП фірми *ZF*.
9. АБКП (з металевим ланцюгом) фірми *Audi*. Особливості конструкції.
10. Загальне компонування АКП. Назвіть особливості їх розміщення на легковому автомобілі.
11. Назвіть компоненти конструкцій АКП та їх аналіз. Основні вузли АКП.

Лабораторна робота 19

КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ (АКП)

Мета роботи – вивчення класифікації, конструкції, принципу дії і роботи АКП.

Наочні посібники:

- плакати із зображенням конструкції АКП;
- вузли АКП автомобіля;
- слайди, презентації.

Завдання до роботи:

- надати класифікацію АКП;
- вивчити конструкцію, порядок роботи і показники АКП.

Класифікація АКП

При керуванні автомобілем найскладнішим для водіїв-початківців завданням залишається вибір і перемикання передач. Тому конструктори багато років присвятили розробці трансмісії, здатної звільнити автомобілістів від складних маніпуляцій педалями та важелем. Підсумком стало створення трьох типів (АКП):

- гідромеханічних;
- роботизованих механічних;
- безступеневих трансмісій з використанням варіаторів.

Перша легкова модель – *DAF 600* викликала сенсацію. Справа в тому, що вона мала зовсім незвичайну автоматичну трансмісію *Variomatic* – безступеневу, клинопасову (рис. 19.1). Передавальне число там плавно змінювалося за рахунок зміни діаметрів шківів. Вони діяли довгими пасами, за які машину жартівливо називали «автомобіль на підтяжках».

Машина мала непоганий успіх. Перший автомобіль зійшов із конвеєра 23 березня 1959 року. А всього до 1963 року включно було випущено 30 563 машини.

Однак первістка далеко перевершили спадкоємці – *DAD 750* та *Daffodil*, які з'явилися вже у 1961 році. За ними пішов у 1966 році *DAF 33*. Всі ці автомобілі мали двигун уже 746 см³, що розвивав 26–28 к. с. Загалом до 1974 р. цих машин виробили 286 804 од. Надалі з трансмісією *Variomatic* випускалися й інші моделі – *DAF 44*, *DAF 55* та ін.

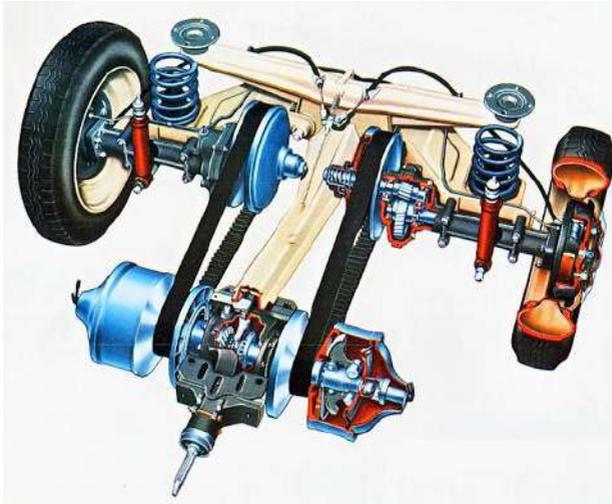


Рисунок 19.1 – Безступенева трансмісія легкового автомобіля
DAF 600

Потрібно сказати, що в ході експлуатації всіх цих автомобілів виявилися і їх недоліки: паси були недовговічні, а витрата палива завелика. Інтерес публіки поступово знижувався. Останнім автомобілем з клинопасовою трансмісією стала модель *DAF 66*, яка випускалася до 1976 року включно. А згодом вона вироблялася як *Volvo 66*, бо шведська фірма викупила 75 % акцій легкового відділення .

Гідромеханічні АКП

Гідромеханічні АКП (рис. 19.2–19.3) найбільш поширені і використовуються більшістю автовиробників. Перші гідромеханічні АКП з'явилися в 30-ті роки XX ст. Сама назва говорить про те, що в їх конструкції поєднується гідравлічна (гідротрансформатор) і механічна частини (планетарна коробка передач). Обов'язковий елемент (як загалом і в будь-якої іншої АКП) – система керування.

Гідротрансформатор передає крутний момент від двигуна до коробки передач, збільшуючи його в 1,5–2,4 раза, а також виконує завдання зчеплення (забезпечує плавне рушення з місця і частково

поглинає ривки при переключенні). Оскільки для передачі крутного моменту у гідротрансформаторі обов'язково присутнє відносне проковзування робочих коліс (насосного та турбінного), коефіцієнт корисної дії трансмісії знижується на 3–6 % (до механічних втрат додаються гідравлічні), що, в свою чергу, є причиною підвищеної витрати палива у машин з такими КП. При русі на вищих передачах передбачають автоматичне блокування гідротрансформатора.

Планетарна КП, як і звичайна, служить для подальшої зміни крутного моменту (отримання певної кількості передач, як правило, від 3 до 7). Чому саме планетарна коробка? Її конструкція дозволяє переключати ступені, практично не перериваючи передачу крутного моменту. Для цього система керування блокує ті чи інші пакети фрикційних (багатодискові зчеплення), тим самим змінюючи шлях передачі крутного моменту.

Система керування автоматично вмикає потрібну передачу залежно від кількості обертів двигуна, ступеня і швидкості натискання на педаль «газу». *Сучасні АКП* з високоінтелектуальною електронікою реалізують можливість як *автоматичного*, так і *ручного перемикання передач*. Для цього селектор КП переводиться в певне положення при його переміщенні вперед-назад або вправо-вліво передачі послідовно перемикаються. У деяких АКП блок керування страхує недосвідченого водія: якщо потрібно включати чергову передачу, а це не робиться, автомат включає її самостійно. У деяких АКП також можна включити різні режими («звичайний», «комфорт», «спорт», «зимовий»). Залежно від обраного режиму перемикання відбувається при різних оборотах двигуна.

Існують АКП, здатні адаптуватися під індивідуальний стиль керування. Деякий час така АКП набирає статистику (виконується запис інтенсивності прискорення автомобіля, ступеня натискання на педаль газу і ще ряду показників), а потім автомат вибирає необхідний алгоритм перемикання передач: у «спортсменів» – при підвищених обертах, а у середнє статистичних водіїв – при більш низьких.

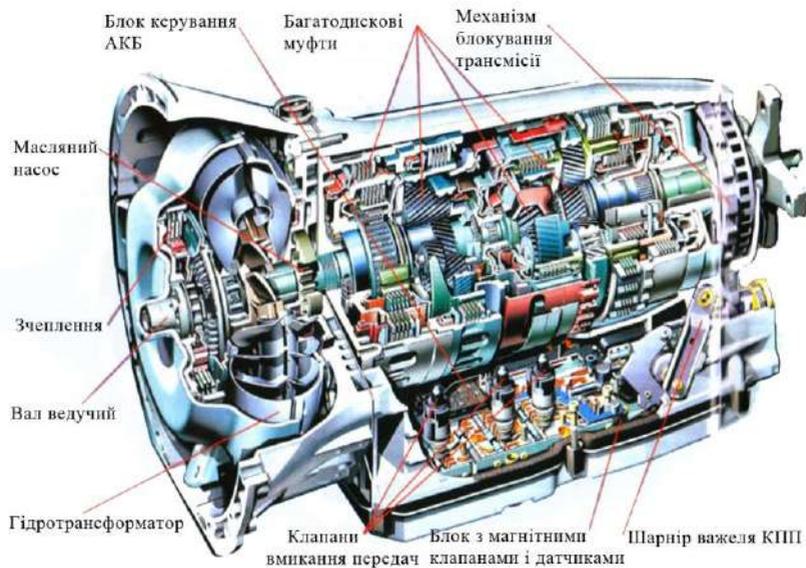


Рисунок 19.2 – 7-ступенева АКП Mercedes S-класу (W-220, W-221)

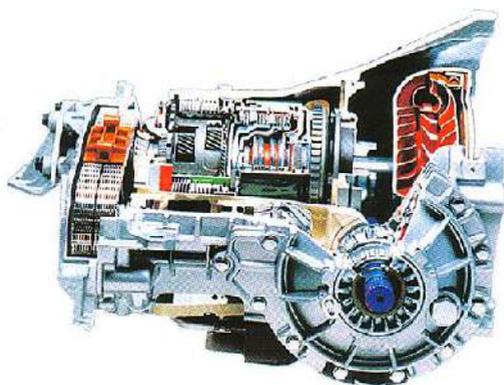


Рисунок 19.3 – Гідромеханічна АКП «Chrysler» з ланцюговою передачею крутного моменту до головної передачі

Безступеневі трансмісії

Загальним недоліком гідравлічних АКП і роботизованих механічних коробок є те, що через ступеневі зміни передавального числа вони

можуть забезпечити лише приблизне співвідношення величини крутного моменту, необхідного при цьому навантаженні. *Безступенева (плавна) зміна величини передавального відношення* досягається в трансмісіях з використанням варіаторів:

- клинопасових (практично завжди) (рис. 19.4);
- торові (рис. 19.5) (дуже рідко).

У клинопасових варіаторах передача крутного моменту здійснюється пасом, затиснутим двома парами усічених конусів, направлених вершинами один до одного. Зміна передавального відношення досягається за рахунок переміщення конусів назустріч один одному або в зворотному напрямку. При цьому змінюється радіус кола, на якому знаходиться пас. *Співвідношення радіусів цих кіл і визначає передавальне відношення варіатора.* На перших автомобільних варіаторах (DAF, «Variomatic» 1958 р.) застосовувалися *гумо-кордні паси*. Але їх недовговічність змусила шукати інші матеріали. Краще зарекомендували себе металеві «паси», зібрані з трапецієподібних сегментів і сталевих кілець, або пластинчасті ланцюги. Термін їх служби цілком відповідає вимогам. (Варіатори з гумо-кордними пасами зараз застосовуються тільки в скутерах та снігоходах.)

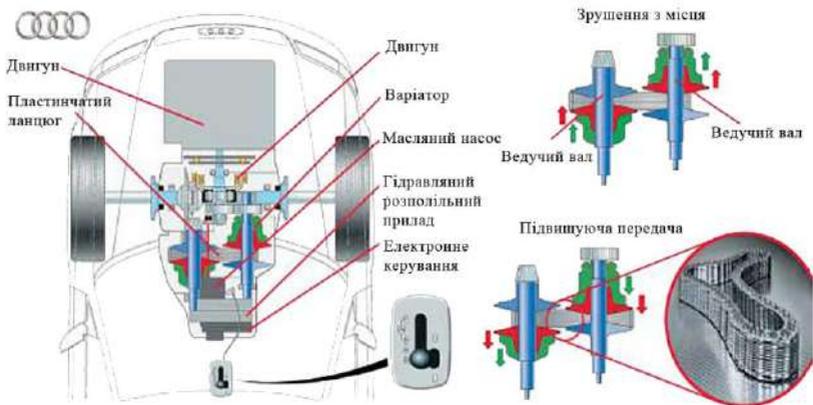


Рисунок 19.4 – Конструкція трансмісії *Multitronic* фірми *Audi*

На жаль, одного варіатора для повноцінної трансмісії недостатньо. Для зрушення з місця в різних конструкціях безступневих трансмісій

використовують відцентрові і електромагнітні зчеплення, а потім почали використовувати гідротрансформатор. Задню передачу забезпечує планетарна КП. При керуваннями автомобілями з варіатором з'являється ще одна проблема – психологічна. Водій при їзді на звичайній машині чує як змінюється звук двигуна, тональність якого змінюється пропорційно зміні швидкості пересування. Але «варіатори» моделі вводять в оману:

швидкість змінюється, а обороти мотора залишаються практично постійними, оскільки варіатор підтримує їх у зоні максимального крутного моменту, щоб досягти найкращого прискорення.

Деякі виробники адаптують системи керування таким чином, щоб забезпечити кілька *електронно-фіксованих* передач (зазвичай 5–7). У водія з'являється можливість вибору: можна встановити важіль у положення «автомат» та їздити в звичайному режимі або перевести важіль на ручне переключення і переміщати його вперед - назад. *Клинопасові варіатори* використовуються на ряді моделей *Audi, Nissan, Honda, Subaru* та інших фірм.

Інша, дуже рідкісна конструкція безступеневої трансмісії зоснована на використанні поворотного ролика, що біжить між двома чашами, поверненими одна до одної. Чимось це нагадує порожнистий бублик, розрізаний навпіл. Змінюючи кут повороту ролика, можна змусити ведену чашу обертатися швидше, повільніше або з такою ж швидкістю, як і ведучу. Як і у випадку з «пасом», потрібно встановлювати зчеплення і механізм заднього ходу. Ще одна складність у тому, що для передачі крутного моменту необхідним дуже є високий тиск у плямі контакту для виключення проковзування, тобто потрібні особливі сорти масел. Такі варіатори поки використовують тільки *Nissan (Extroid CVT)* і *Mazda (toroidal CVT)*.

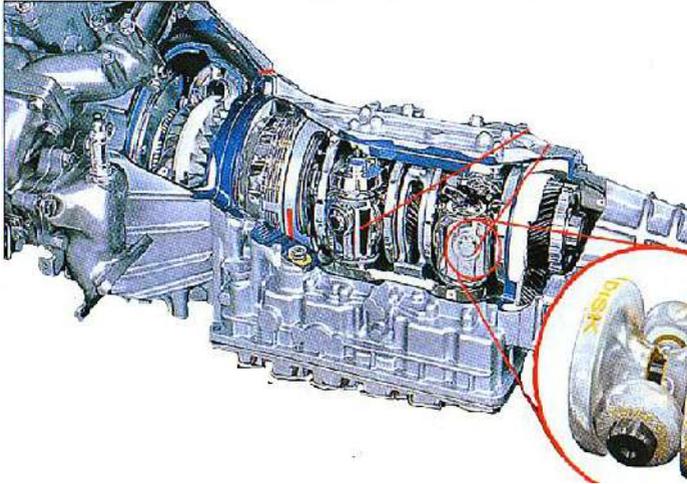


Рисунок 19.5 – Трансмiсія автомобiля *Nissan Gloria* з двома паралельними тороїдальними варiаторами

Роботизованi АКП

Ряд недолiкiв гiдрравлiчних АКП i успiхи в розвитку електронiки посприяли розвитку роботизованих коробок передач (рис. 19.6), якi з'явилися у 80-тi р. ХХ ст. Фактично це звичайнi механiчнi КП, в яких зчепленням i перемиканням передач керують сервоприводи, якi отримують команди вiд електронного блока керування. Iснують рiзнi варiанти таких коробок. Наприклад, можуть бути реалiзованi два режими перемикання передач:

- повнiстю автоматичний, коли коробка працює так само, як звичайна АКП;
- секвентний, при якому водiй самостiйно перемикає передачi хитанням важеля вправо-влiво (вперед-назад), або пелюстками або кнопками на рульовому колесi, як у гоночних болiдах.

(Система керування береже двигун вiд пошкоджень внаслiдок неправильних дiй водiя (перемикання можливо виконувати, навiть не знимаючи ногу з педалi газу, автоматика сама знизить обороти, вимкне-увiмкне зчеплення i передачу).

Такі коробки передач:

- легші;
- дешевші;
- ефективніші, ніж звичайні автоматичні;
- в них відсутні втрати потужності у гідротрансформаторі;
- вищий коефіцієнт корисної дії;
- автомобіль витрачає менше пального.

Хоча в деяких недорогих автомобілях затримки при перемиканні передач і ривки псують враження. Роботизована «механіка» використовується *BMW*, *Citroen*, *Mitsubishi*, *Toyota* та рядом інших компаній, при цьому як у дорогих моделях бізнес-класу, так і в моделях *A*, *B*, *C* - класу. У різних виробників вони можуть називатися по-різному: *Steptronic* – у *BMW* (рис. 19.6–19.7), *Tiptronic* або *Sequential* – у *Audi*, *MMS* – у *Toyota*. Порівняння наведено в табл. 19.1.

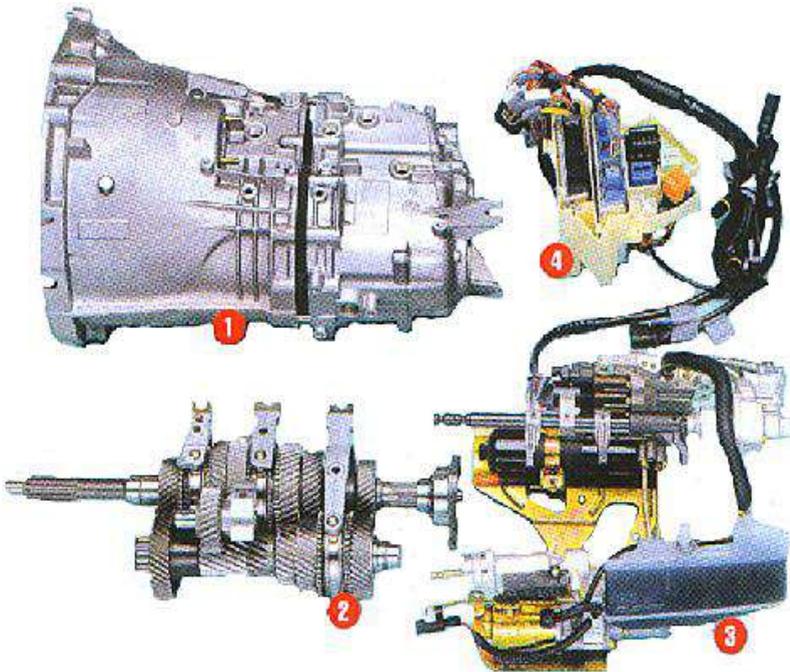


Рисунок 19.6 – Роботизована АКП фірми *BMW*

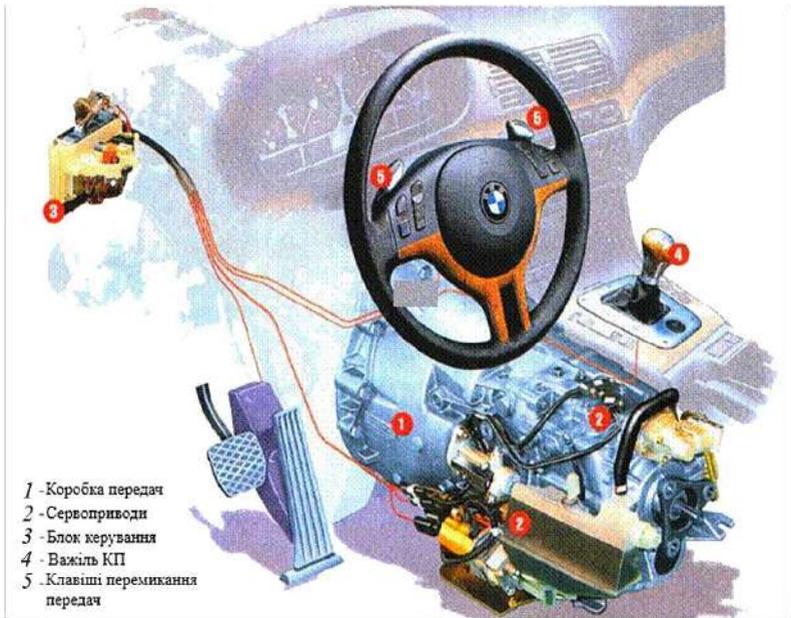


Рисунок 19.7 – Розміщення елементів роботизованої АКП на *BMW 3-Series*

Таблиця 19.1 – Порівняльні характеристики різних типів АКП

Тип АКП	Переваги	Недоліки
1	2	3
Гідромеханічна АКП	Немає обмежень переданої потужності. Надійність конструкції. Більш плавне, у порівнянні з роботизованою КП, перемикач передач	Найнижчий ККД, як наслідок – більш висока витрата палива і гірші динамічні показники. Необхідність у періодичній заміні робочої рідини і фільтрів. Висока вартість розробки і виготовлення

Кінець табл. 19.1

1	2	3
Роботизована механічна КП	<p>Можливість виробництва на тих же технологічних лініях, що і звичайних КП. Вага менша, ніж у гідромеханічних АКП. Економічність може бути вищою ніж у «механіки»</p>	<p>Найменша пристосованість до зміни навантаження. Затримки і ривки при перемиканні (у недорогих моделях)</p>
Безступенева трансмісія	<p>Точне «дозування» крутного моменту. Витрата палива нижче, ніж з гідромеханічної АКП.</p>	<p>Необхідність застосування спеціальних масел (для тороїдальних варіаторів). Менша довговічність через наявність прослизання (у клинопасових передач) або високий питомий тиск (у тороїдальних передач). Вимагають застосування додаткових механізмів для режимів зрушення і заднього ходу</p>

Контрольні запитання

1. Типи автоматичних коробок передач автомобіля.
2. Склад автомобільних гідромеханічних передач.
3. Що означає адаптивні АКП?
4. Яким чином забезпечується плавна зміна передавального відношення в безступневих трансмісіях?
5. Конструкція трансмісії *Multitronic*.
6. Трансмісія автомобіля з тороїдальними варіаторами.
7. Які відмінності між роботизованою і механічною КП?
8. Режими перемикання роботизованих КП.
9. Переваги роботизованих КП.

Лабораторна робота 20

КАРДАННІ ПЕРЕДАЧІ

Мета роботи – вивчення будови і роботи напівкарданних шарнірів і карданних передач, можливі несправності, способи їх усунення, основні правила догляду.

Наочні посібники:

- альбоми і плакати з конструкції автомобілів;
- карданні передачі автомобілів, деталі карданних шарнірів рівних і нерівних кутових швидкостей;
- анімації елементів конструкції та роботи.

Завдання до роботи:

- Назвати призначення і типи карданних передач;
- описати принцип дії і будову карданних шарнірів рівних і нерівних кутових швидкостей;
 - класифікувати напівкарданні стики та приводні вали автомобілів ГАЗ-66, ЗІЛ-130, МАЗ-503А, КАМАЗ-5420, КрАЗ-257, ВАЗ-2105 відповідно до класифікації;
 - вивчити пристрій і принцип роботи найпростішого жорсткого карданного з'єднання;
 - вивчити можливі несправності і догляд за карданною передачею;
 - для досліджуваних карданних передач виписати матеріали основних деталей.

Призначення напівкарданних шарнірів і карданних передач

Напівкарданні з'єднання використовуються для передачі крутного моменту між нерівними валопроводами, осі яких перетинаються під кутом, величина якого не є постійною. Нерівність осей обумовлена допуском на виготовлення деталей та складання механізмів, зміною їх взаємного розташування при роботі внаслідок пружних та залишкових деформацій рами автомобіля або трактора. Крім того, напівуніверсальні з'єднання можуть служити амортизаторами в трансмісії. У більшості випадків вони використовуються для підключення вала зчеплення до трансмісії.

Привідні вали використовуються для передачі крутного моменту між валопроводами, розташованими під кутом один до одного. Вони встановлюється між коробкою передач і роздавальною коробкою у двовісних та багатовісних транспортних засобах з усіма ведучими колесами, між трансмісійною коробкою та мостами, між осями та ведучими передніми керованими колесами (рис. 20.1).

Слід зазначити, що карданна передача повинна вміти змінювати не тільки кут, але і довжину вала передачі.

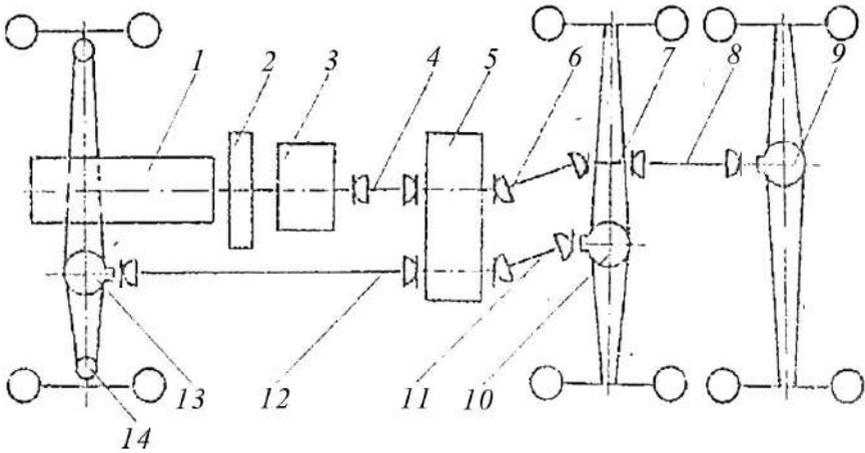


Рисунок 20.1 – Діаграма розміщення приводних валів у трансмісії тривісної машини 6 х 6: 1 – двигун; 2 – зчеплення; 3 – коробка передач; 4, 6, 7, 8, 11, 12 – приводні вали; 5 – коробка передачі; 9 – задня ведуча вісь; 10 – середній привідний міст; 13 – передня ведуча вісь і керована вісь; 14 – карданні з’єднання рівних кутових швидкостей

Приклад місця встановлення карданних передач на легковому автомобілі наведено на рис. 20.2.

Класифікація наведена на рис. 20.3. Класифікуючи привідні вали машин, слід звернути увагу на кількість з’єднань у трансмісії, оскільки цей параметр суттєво впливає на синхронне обертання валів. Залежно від кількості з’єднань привідні вали бувають одинарними, подвійними та багат шарнірними.

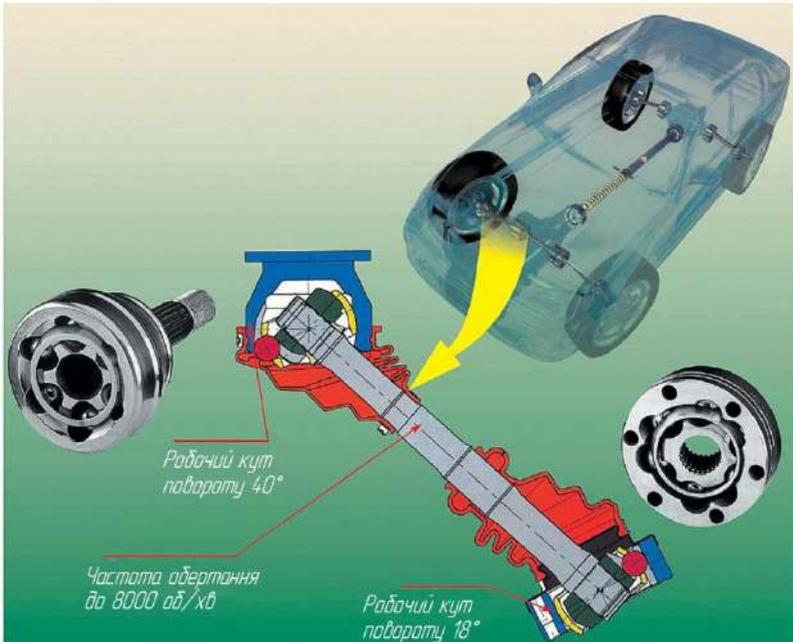


Рисунок 20.2 – Місце встановлення карданних передач

До конструкції привідних валів є такі вимоги:

- відсутність поперечних коливань і ударів валів;
- рівномірність оберту вала (синхронність);
- відсутність резонансу в області робочої швидкості;
- можливість осьового руху вала через деформацію пружини;
- висока ефективність.

Будова та принцип роботи найпростішого жорсткого карданного з'єднання (рис. 20.4).

Слід розуміти, що вилка 4 може обертатися навколо осі *A-A* хрестовини і одночасно разом з хрестовиною – відносно осі *B-B*, у результаті можливе перенесення оберту з одного вала на інший під змінними кутами між їх осями. Коли змінюється відстань між деталями машини, одна з вилок кардана встановлюється на прорізи для забезпечення необхідного осьового руху.

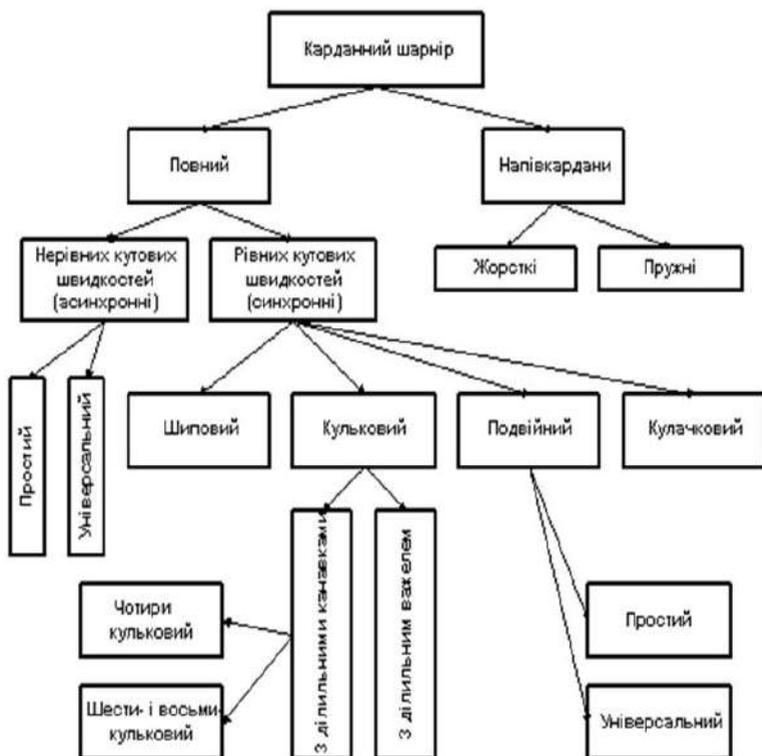


Рисунок 20.3 – Класифікація приводних валів

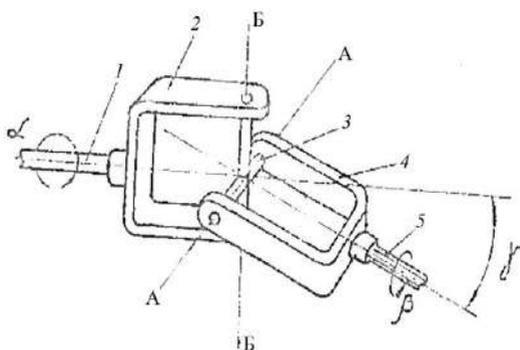


Рисунок 20.4 – Схема найпростішого універсального стику:
 1 – ведучий вал; 2, 4 – вилки; 3 – хрестовина; 5 – ведений вал

Вигляд класичного карданного шарніра наведено на рис. 20.5.



Рисунок 20.5 – Загальний вигляд простого шарніра

Використовуючи плакати, слід переконалися, що одинарна карданна передача складається з карданного вала і одного карданного шарніра. Слід звернути увагу на недолік одинарної карданної передачі: не синхронність оберту валів. Так, якщо кутова швидкість обертання ведучого вала карданного шарніра постійна, то у веденого вона періодично змінюється (рис. 20.6).

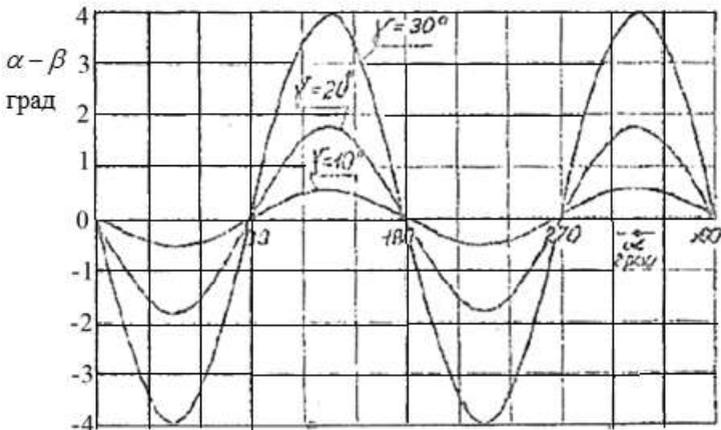


Рисунок 20.6 – Графік нерівномірності оберту веденого вала щодо ведучого

Існує залежність між кутами валів:

$$\operatorname{tga} = \operatorname{tg} \beta \cdot \cos \gamma,$$

де α – кут повороту ведучого вала; β – кут повороту веденого вала;
 γ – кут між осями ведучого і веденого валів.

Необхідно вміти усувати несинхронність обертання валів, застосовуючи або подвійний карданний шарнір, або карданні шарніри рівних кутових швидкостей. У першому випадку необхідно встановити кут $\gamma_2 = \gamma_1$ (рис. 20.7). Крім того, вилки карданів повинні строго перебувати в одній площині.

Конструкція жорсткого карданного шарніра допускає передачу крутного моменту між валами, кут між осями яких становить не більше 30° .

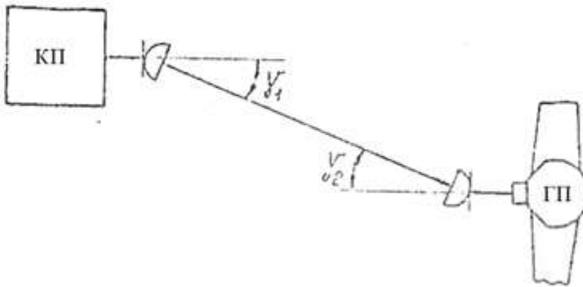


Рисунок 20.7 – Схема установки карданної передачі

Необхідно знати і вміти знаходити основні деталі шарніра: хрестовину, дві вилки, чотири голчастих підшипники, сальники, маслянку, запобіжний клапан, ущільнення.

Необхідно на плакатах досліджуваних автомобілів і тракторів знайти такі карданні передачі, в яких з метою зниження вібрацій карданний вал розділений на два (проміжний і основний), а між ними встановлені шарнір додатковий і проміжна опора, зазвичай з гумовою подушкою.

Конструкція м'якого карданного шарніра забезпечує передачу крутного моменту за рахунок пружності гумових елементів кардана під невеликим кутом $3...5^\circ$. Перевага м'яких карданних шарнірів в

експлуатації є такими, що вони пом'якшують ударні навантаження на вали, не вимагають мастила, частково гасять крутильні коливання в трансмісії.

Конструкції карданних шарнірів рівних кутових швидкостей використовуються для приводу передних ведучих і керованих коліс:

- кулькові з ділильними канавками передають крутний момент між валами, розташованими під кутом до 35° (рис. 20.8);

- кулькові з ділильним механізмом передають оберт між валами, розташованими під кутом до $35\text{--}37^\circ$ (рис. 20.9);

- плоский (кулачковий) карданний шарнір (кут до $45\text{--}48^\circ$) (рис. 20.10);

- здвосний карданний шарнір.

Ідея конструкції кулькових карданних шарнірів полягає в тому, що кульки завжди розташовуються в площині, що ділить кут між валами навпіл. Це забезпечується або спеціальною формою і розташуванням канавок, або спеціальним пристосуванням, що утримує кульки в канавках у заданій площині.

Для складання карданного шарніра з ділильними канавками (рис. 20.9) центральна кулька 9 має отвір і напівкруглу лиску, яку при складанні шарніра

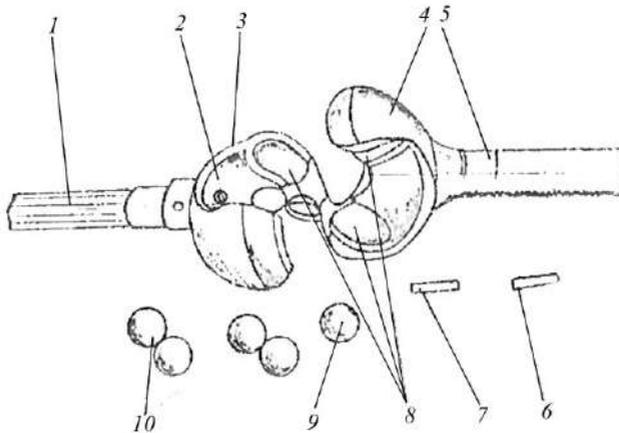


Рисунок 20.8 – Кульковий карданний шарнір рівних кутових швидкостей з ділильними канавками:

- 1 – ведений вал; 2 – отвір під штифт; 3 – ведена вилка; 4 – провідна вилка;
- 5 – піввісь провідна; 6 – штифт; 7 – шпилька; 8 – канавки ділильні;
- 9 – центральна кулька з отвором і напівкруглою лискою; 10 – кульки

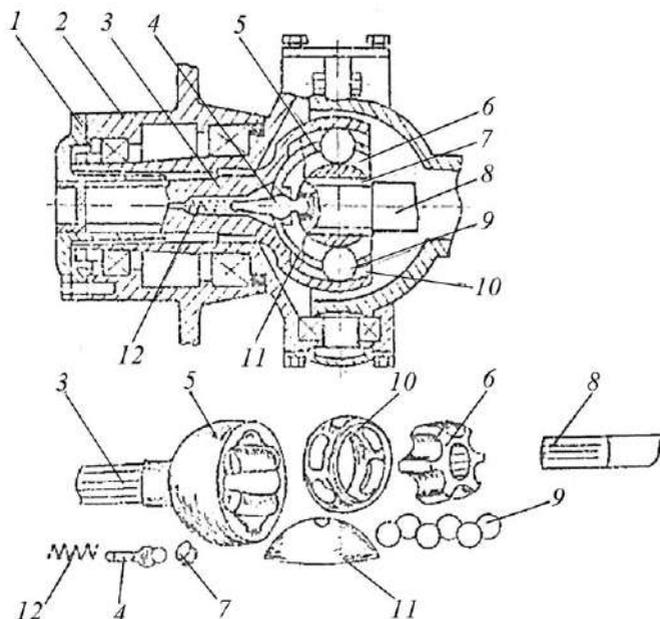


Рисунок 20.9 – Кульковий карданний шарнір рівних кутових швидкостей з ділильним механізмом:

- 1 – фланець; 2 – маточина колеса; 3 – вал ведений; 4 – важіль;
 5 – сферичний корпус; 6 – провідна зірочка; 7 – сідло; 8 – піввісь;
 9 – кульки; 10 – сепаратор; 11 – напрямна чашка; 12 – пружина

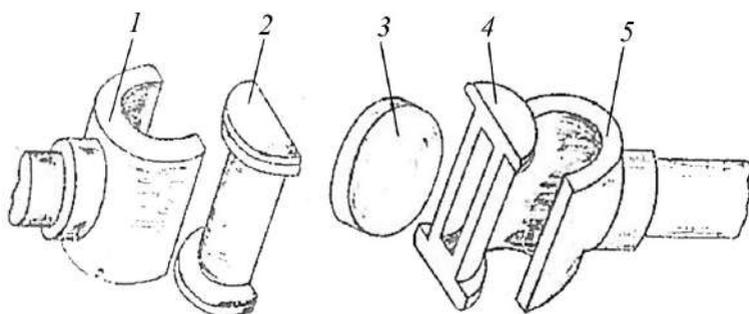


Рисунок 20.10 – Плоский карданний шарнір рівних кутових швидкостей:

- 1, 5 – вилки; 2, 4 – кулачки; 3 – диск

повертають в бік ведучої кульки. Після установки всіх кульок в отвір кульки 9 вставляють кінець пальця (шпильки) 7, інший кінець якого входить в тіло вилки 3 і фіксується в ній штифтом 6.

Кулькові кардани через малі їх розміри застосовують головним чином у передніх ведучих мостах.

Розширення «модельного ряду» шарнірів «Рцеппа» відбулося після того, як патент на виробництво їх придбали різні компанії, наприклад, *GKN* і *Lo..bro*. Кожна з них по-своєму вирішила вдосконалити, а точніше, спростити конструкцію, що і стало причиною появи шарнірів типу «Бірфільд», «ГКН» (*GKN*), «Лебро2 (*Lo..bro*) рис. 20.11.

У шарнірі «Бірфільд» необхідного переміщення кульок у канавках при зміні кута між валами досягли шляхом проточування в кулаку та чашці канавок зі змінною глибиною. Їх нарізали по радіусах, центри яких зміщені в різні боки щодо площини, де розташовуються кульки. Таким чином вдалося досягти пропорційного переміщення сепаратора з кульками щодо кулака та чашки. Крім того, профіль перерізу канавок виконаний не за дугою кола, а за еліпсом, що дозволило оберігати кромки канавок від зминання та сколювання. Цей шарнір має високий ККД – від 95 до 99 % (залежно від кута повороту) та здатний працювати під кутами до 45°.

Шарнір «ГКН» відрізняється від попередника тим, що у чашці та кулаку канавки еліптичного перерізу прорізані поздовжньо, паралельно осі їх валів. Сепаратор та кулак мають сферичні поверхні. У цьому сферична зовнішня частина сепаратора перетворюється на конічну (під кутом 10°). Установка кульок у бісекторній площині при появі неспіввісності валів забезпечується завдяки зміщеним центрам зовнішньої і внутрішньої сфер сепаратора.

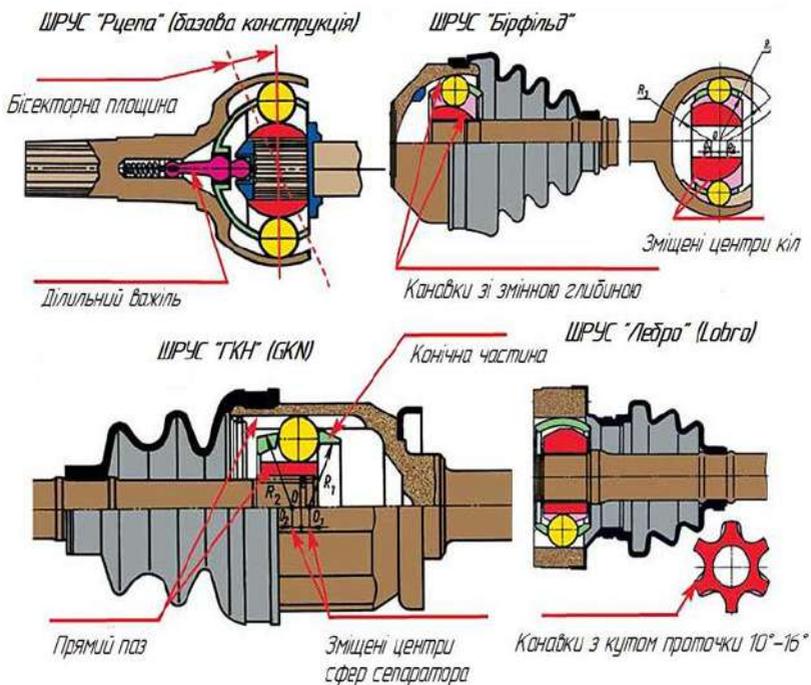


Рисунок 20.11 – Різновиди ЩРКШ «Рцепа»

Тришиповий шарнір типу «Трипод» також є похідним від «Рцепа», проте його конструкція серйозно відрізняється від попередника. Він застосовується на легкових та вантажних автомобілях малої вантажопідйомності. Тришипові шарніри бувають двох видів: жорсткі та універсальні. Перші можуть передавати крутний момент при кутах між валами до 43° , але при цьому не допускають осьових переміщень, через що їх і назвали «жорсткими». Використовуються вони як зовнішні ЩРКШ.

Універсальні тришипові ЩРКШ допускають переміщення вздовж осі, що необхідно для компенсації коливань передньої підвіски та силового агрегату при їзді по нерівностях. З іншого боку, ці шарніри

можуть працювати при невеликих кутах – до 25° , тому найчастіше використовуються як внутрішні ШРКШ.

Конструктивно жорсткий та універсальний тришипові шарніри схожі (рис. 20.12).

Жорсткий шарнір складається з корпусу (зробленого як єдине ціле з валом), в якому закріплені шипи під кутом 120° . На них встановлені ролики із кульовою поверхнею, які можуть обертатися. У середині корпусу розташована вилка з вихідним валом, в якій для переміщення шипів з роликами виконані три пази циліндричного перерізу. Торцева поверхня вилки сферична, що дозволило отримати більший робочий кут між з'єдненими валами.

- Універсальний шарнір складається з корпусу, трьох роликів, одягнених на пальці «тришиповика», напресованого на шліцеву частину вала шарнірів. Ролики на пальцях "тришипівника" сидять на голчастих підшипниках. У внутрішній частині корпусу зроблені канавки під ролики, що, власне, і забезпечує необхідний кут повороту внутрішнього шарніра, а також дозволяє ШРКШ переміщатися в поздовжньому (вздовж осі) напрямку. Ці шарніри досить довговічні і використовуються, наприклад, на «Тавріях» як внутрішні ШРКШ.

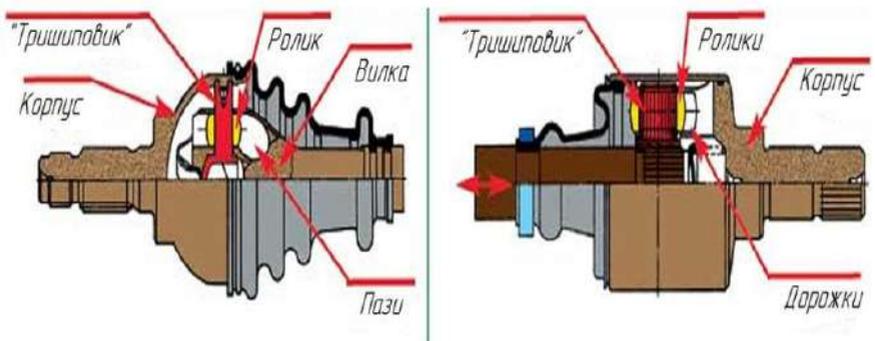


Рисунок 20.12 – Особливості конструкції тришипових шарнірів

7. Вивчити можливі несправності і догляд за карданної передачею.

8. Для досліджуваних карданних передач виписати матеріали основних деталей. Приблизний перелік матеріалів наведено в табл. 20.1.

Таблиця 20.1 – Матеріали основних деталей

Найменування деталі	Матеріал	Примітка
Вилка півосі мосту	Ковкий чавун КЧ50	НВ 207 – 241
Вилка півосі ведена	Сталь 35Х	НВ 255 – 302
Фланець піввісі	Сталь 35Х, Ковкий чавун	НВ 255 – 302
Хрестовина	Сталь 20Х	НВ 207
Піввісь	Сталь 35Х	НВ 269
Кульки	Сталь ШХ-15	HRC 56...63

Контрольні запитання

1. Призначення карданних передач у трансмісії автомобілів і тракторів.

2. Типи карданних передач.

3. Конструкція карданних шарнірів нерівних кутових швидкостей.

4. Типи і конструкція карданних шарнірів рівних кутових швидкостей.

5. Призначення проміжних опор і шліцьових з'єднань карданних передач.

6. Допустимий дисбаланс карданної передачі.

7. Критична частота обертання карданної передачі.

8. Мاستило з'єднань деталей карданних передач.

Лабораторна робота 21 **ВЕДУЧИ МОСТИ АВТОМОБІЛІВ.** **МІЖОСЬОВИЙ ДИФЕРЕНЦІАЛ**

Мета роботи – вивчити конструкції, принцип дії і роботи, обслуговування агрегатів ведучих мостів автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми та плакати з конструкції ведучих мостів автомобілів;
- вузли та деталі ведучих мостів;
- слайди, презентації.

Завдання до роботи:

- вивчити призначення ведучих мостів та їх типи;
- вузли, що входять до складу ведучих мостів автомобілів;
- призначення і загальна будова головної передачі;
- призначення та принцип дії диференціала;
- сенс блокування диференціала, галузь застосування;
- призначення та застосування колісного редуктора;
- призначення та місце встановлення міжосьового диференціала;
- класифікувати головні передачі автомобілів ГАЗ-53А, ЗІЛ-130, МАЗ-5335, КамАЗ-5320, КрАЗ-255 відповідно до прийнятої схеми класифікації.

Основні положення

Ведучий міст являє собою несучу конструкцію, що з'єднує раму автомобіля з ведучими колесами, в якому розташовані вузли трансмісії, що обертаються і передають крутний момент від карданного вала до ведучих коліс автомобіля. Залежно від місця встановлення ведучого мосту на автівці їх поділяють на передні, середні та задні. Задній ведучий міст, як правило, виготовляють у вигляді пустотілої балки, всередині якої поміщають головну передачу, диференціал і півосі, а зовні кріплять маточини коліс. У автомобілів підвищеної прохідності передній міст виконують комбінованим, тобто одночасно ведучим і керованим, що викликає необхідність використання шарнірів рівних кутових швидкостей.

Головна передача призначена для збільшення крутного моменту і передачі його на піввісь, розташовану під кутом 90° до поздовжньої осі автомобіля; передавальне число головної передачі знаходиться в межах від 3,5 до 9.

Зв'язок між головною передачею і валами ведучих коліс (півосями) здійснюється за допомогою диференціала; диференціал розподіляє крутний момент між півосями, що підводиться до нього, дозволяючи їм за необхідності обертатися з різними кутовими швидкостями. Найбільшого поширення набув конічний симетричний диференціал. У багатовісних автомобілях знаходять застосування міжосьові диференціали, призначені для розподілу крутного моменту між ведучими мостами.

Колісний редуктор є складовою частиною подвійної головної передачі. Він розташований безпосередньо у ведучому колесі, є останнім вузлом трансмісії і призначений для значного збільшення обертового моменту.

Умови роботи агрегатів заднього мосту є досить важкими: велика величина переданих крутних моментів, значні динамічні навантаження, робота в умовах підвищеної запиленості і вологості. Безвідмовність роботи деталей ведучого мосту повинна бути забезпечена протягом пробігу автомобіля до капітального ремонту, допускається лише заміна ущільнень.

Класифікацію головних передач автомобілів наведено на рис. 21.1.

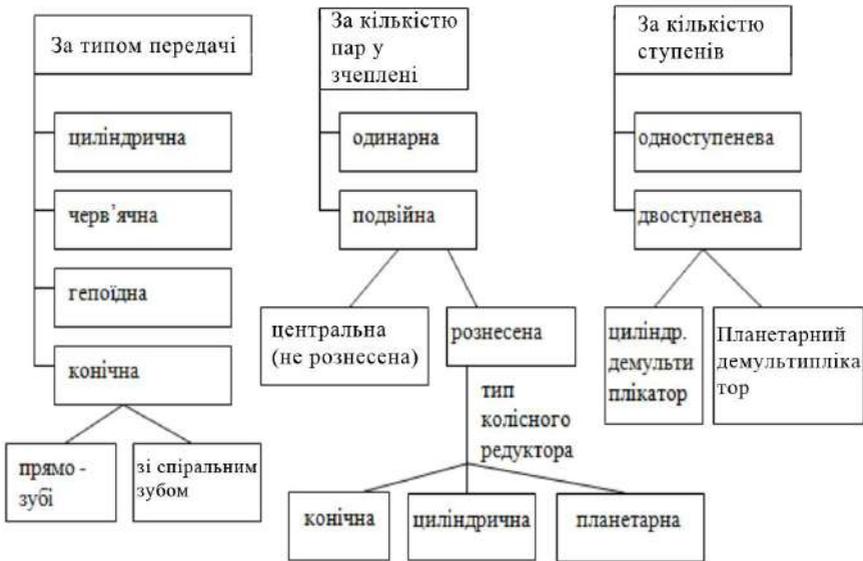


Рисунок 21.1 – Класифікація головних передач

За плакатами та макетами потрібно вивчити конструкції головних передач автомобілів ГАЗ-53А і ЗІЛ-130, конструктивні схеми яких наведено на рис. 21.2, 21.3.

Головна передача автомобіля ГАЗ-53А гепоїдного типу, тобто зі зміщеною вниз ведучою шестірнею відносно осі веденої шестірні. Застосування гепоїдної передачі дозволяє опустити карданний вал автомобіля, що покращує його компоновку. Крім того, сама передача має більшу міцність порівняно з конічною. При тих же розмірах, що і у конічної передачі, у гепоїдній передачі кут спіралі ведучої шестірні значно більший, ніж у веденої. Кількість зубців, що беруть участь одночасно

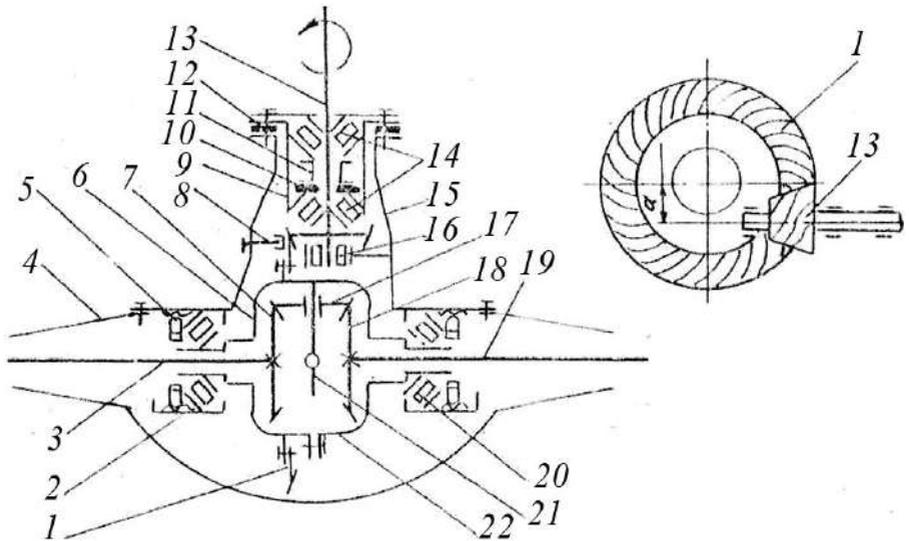


Рисунок 21.2 – Ведучий міст автомобіля ГАЗ-53А:

- 1 – ведена шестірня головної передачі; 2 та 20 – конічні радіальноупорні підшипники; 3 – піввісь ліва; 4 – картер заднього моста; 5 – регулювальна гайка; 6 і 22 – чашки диференціала; 7 і 18 – напівосьові шестірні; 8 – гвинт упору; 9 – стакан підшипників; 10 і 12 – регулювальні прокладки; 11 – дистанційна втулка; 13 – вал-шестірня ведуча; 14 – підшипники конічні радіальноупорні; 15 – картер головної передачі; 16 – ролик-підшипник; 17 – сателіт; 19 – піввісь права; 21 – хрестовина диференціала

в зчепленні, сприяє збільшенню тривалості та безшумності роботи. При тій кількості зубців, що і в конічній передачі, в гепоїдній передачі ведуча шестірня великих розмірів, а ведена – менших, ніж у відповідній конічній передачі, що викликано різним кутом спіралі ведучою й веденою шестерень гепоїдної передачі внаслідок зсуву осей. Однак зміщення осей викликає значне ковзання зубців, а отже, виникає необхідність застосування спеціального гепоїдного мастила з протизадирними присадками.

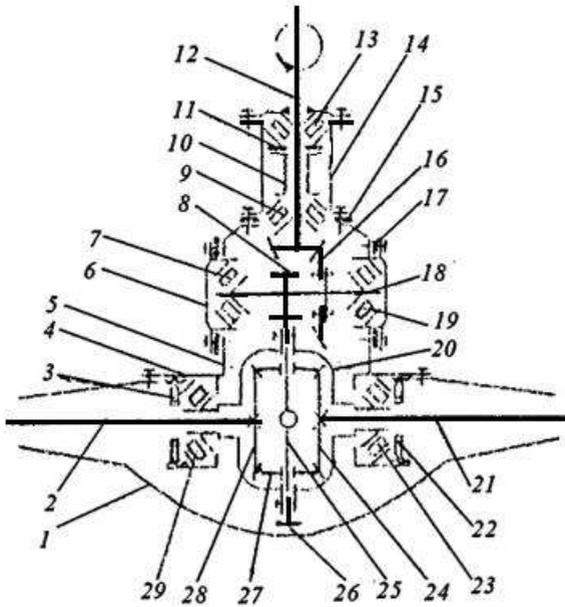


Рисунок 21.3 – Ведучий міст автомобіля ЗІЛ-130:

- 1 – картер заднього мосту; 2 – піввісь ліва; 3 і 22 – регулювальні гайки;
- 4 – картер головної передачі; 5 і 20 – чашки диференціала;
- 6 – кришка підшипника; 7 та 19 – конічні роликопідшипники; 8 – ведуча циліндрична шестірня; 9 і 13 – конічні роликопідшипники;
- 10 – дистанційна втулка; 11, 15 і 17 – регулювальні прокладки;
- 12 – вал-шестірня ведуча; 14 – стакан підшипників; 16 – ведена конічна шестірня;
- 18 – проміжний вал; 21 – піввісьправа; 23 і 29 – конічні роликопідшипники;
- 24 і 28 – напівосьові шестерні; 25 – хрестовина диференціала; 26 – ведена циліндрична шестірня; 27 – сателіт

Головна передача розміщена у картері 15, прикріпленому болтами до картера 4 заднього мосту. Крутний момент від карданної передачі через фланець закріплений корончатою гайкою і шліцьове з'єднання передається ведучої вала-шестірні 13, а від неї до веденої шестірні 1 головної передачі. Вісь ведучої шестерні 13 зміщена відносно осі веденої шестірні вниз на 32 мм. Щоб забезпечити бічний зазор у зчепленні під навантаженням і виключити заклинювання зубців шестірні, ведуча шестірня має лівий, а ведена – правий напрямок спіралі зубців. Ведуча шестірня виготовлена як одне ціле з валом, спирається на циліндричний 16 і конічні 14 роликотідшипники. Між внутрішніми кільцями конічних підшипників 14 встановлені дистанційна втулка 11 і регульовальні прокладки 10, якими регулюється затягування підшипників; зовнішні кільця підшипників 14 встановлені в стакані 9, закріпленому болтами в картері головної передачі. Вінець веденої шестірні 1 головної передачі болтами кріпиться до чашки диференціала 6. Зачеплення зубчастих коліс регулюється прокладками 12; регулювання не порушується завдяки достатньої жорсткості картера 15 і наявності попередньої затяжки підшипників 14 і 20. Радіальні і осьові сили, що діють на ведене колесо головної передачі, сприймаються конічними роликотідшипниками 2 та 20 чашки диференціала. Гайки 5 служать для регулювання підшипників і положення веденої шестірні головної передачі.

Регульовальний гвинт упору 8, вкручений у картер навпроти зони зачеплення шестерень, обмежує деформацію веденої шестірні при передачі великих крутних моментів. Ця деформація визначається величиною зазору між колесом та упором; переміщаючи гвинт, можна регулювати зазор.

Машення деталей головної передачі здійснюється розбризкуванням. Однак подача масла до підшипників ведучого вала утруднена. Для їх змащення масло всасується в маслоснімну трубку і подається по каналу до підшипників. Нормальний тиск у порожнині картера підтримується за допомогою сапуна. Ведуча шестірня головної передачі автомобіля ГАЗ-53А має 6 зубців, ведена – 41.

Розглянемо конструкцію двоступеневої головної передачі автомобіля ЗІЛ-130В, кінематична схема якої наведена на рис. 21.4. Визначити передавальні числа ступеней головної передачі можливо, якщо відома кількість зубців усіх шестерень.

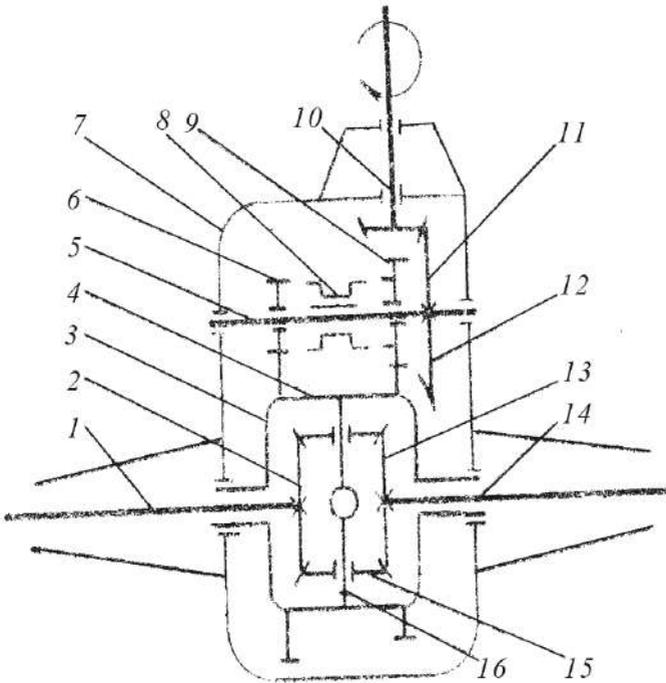


Рисунок 21.4 – Двоступенева головна передача автомобіля ЗІЛ-130В (з циліндровим демультіплікатором): 1 і 14 – піввісь; 2 і 13 – напівосьові шестерні; 3 – коробка диференціала; 4 – шестірня циліндрична ведена другого ступеня; 5 – вал проміжний; 6 – шестірня ведуча другого ступеня; 7 – картер головної передачі; 8 – рухома муфта перемикання; 9 – шестірня ведуча першого ступеня; 10 – ведуча вал-шестірня; 11 – ведена кінчна шестірня; 12 – ведена циліндрична шестірня першого ступеня; 15 – сателіт; 16 – хрестовина диференціала

моменту і яке є загальмованим. При нерухомому водилі і ведучій сонячній шестірні передавальне число планетарного редуктора визначиться таким виразом:

$$I = -K; K = Z/Z_c,$$

де Z – кількість зубців епіциклу; Z_c – кількість зубців сонячної шестірні; K – характеристика планетарного ряду.

Планетарний колісний редуктор відрізняється компактністю при значному передавальному числі і розміщується безпосередньо всередині ведучого колеса автомобіля. У картер 16 заднього мосту запресований кожух 15 півосі (від провертання кожух утримується стопорним штифтом). Із зовнішнім кінцем кожуха піввісь за допомогою евольвентних шліцьових з'єднань фланців водила 9; фланець кріпиться до водила за допомогою болтів з'єднання. Таким чином забезпечується нерухомість водила, в якому жорстко закріплені три осі 6 сателітів 5. Сонячна шестірня 4 встановлена на зовнішньому шліцьовому кінці півосі 17. Від півосі крутний момент передається на сонячну шестірню, від неї через три сателіта – на епіцикл 2 і болтовим з'єднанням – на маточину 11 ведучого колеса. Опорами ведучого колеса є циліндричний роликотідшипник 10 і конічні роликотідшипники 14; регулювання натягу конічних підшипників здійснюється за допомогою регулювального вузла, що складається з регулювальної гайки 12, стопорної шайби і контргайки.

Користуючись плакатами та макетами можливо розглянути регулювання деталей головної передачі.

Регулюванню підлягають конічні підшипники ведучого вала – шестірні (регулюються прокладками), конічні підшипники проміжного вала (регулюються прокладками під стаканом підшипників), конічні підшипники коробки диференціала (регулюються гайками). Контролю підлягає зачеплення конічних шестерень; перевіряють бічний зазор у зачепленні, положення і величину плями контакту; положення ведучої шестерні регулюється прокладками під стаканом підшипників вала шестірні, положення веденої – регулювальними гайками. Конічні шестерні підлягають заміні тільки в парі, заміна однієї шестерні неприпустима.

Основні вимоги, що висуваються до головних передач автомобілів, такі:

- забезпечення необхідного передавального числа при мінімальних габаритах зі збереженням необхідного дорожнього просвіту;
- високий ККД, який мало змінюється при зміні температури і швидкості;
- висока жорсткість корпусу, валів і опор;
- безшумність роботи;
- мінімальна маса неідресорених частин;
- повна реалізація тягового зусилля в різних умовах зчеплення, тобто відсутність буксування.

Навантаженість піввосей розглянутих задніх мостів автомобілів різна. Залежно від сприймання навантажень піввісь діляться на наполовину -розвантажені, на 3/4 розвантажені і розвантажені (рис. 21.6).

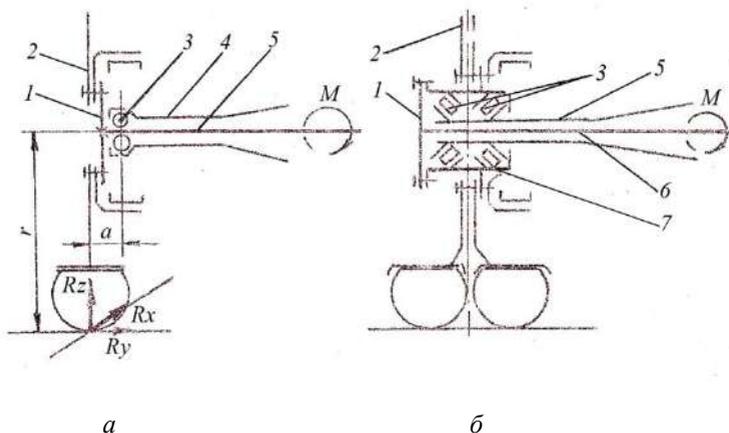


Рисунок 21.6 – Схема установки ведучого колеса:
a – наполовину навантажена піввісь; *б* – розвантажена піввісь;
 1 – фланець півосі; 2 – диск колеса; 3 – конічні радіально упорні роликопідшипники; 4 – радіальний шарикопідшипник; 5 – кожух півосі;
 б – піввісь; 7 – маточина колеса

Півосі передають крутний момент від головної передачі до ведучих колес. Крім того, до півосі сприймають моменти від вертикальної

(опорної) реакції R , що припадає на колесо, від дотичної реакції R (дотичне зусилля на колесі) і від бокової сили R , яка виникає при заносі, русі на повороті. Бічна сила R_y викликає також стискання або розтягнення півосі. Навантаженість півосі залежить від конструкції зовнішньої опори, яка сприймає радіальне і осьове навантаження (повністю розвантажена піввісь) або ж тільки радіальне навантаження (наполовину розвантажена піввісь). На вантажних автомобілях застосовують повністю розвантажену піввісь; у цьому випадку усі згинаючі моменти сприймаються конічними підшипниками 3, які встановлені між маточиною колеса 7 і кожухом 5 півосі 6. Піввісь передає тільки обертовий момент.

Класифікацію диференціалів ведучих мостів автомобілів ГАЗ-53А, ЗІЛ-130, МАЗ-5335, КамАЗ-5320, КрАЗ-225, ГАЗ-66 та інших роблять відповідно до прийнятої схеми класифікації приводів (рис. 21.7).

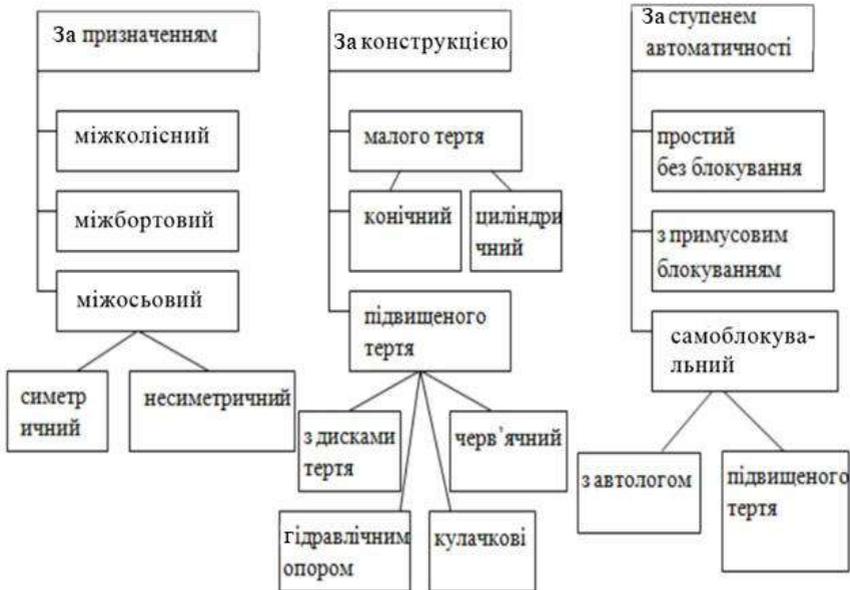


Рисунок 21.7 – Класифікація диференціалів

Диференціал – це механічний пристрій, який передає обертання з одного джерела на два незалежні споживача таким чином, що кутові швидкості обертання джерела та обох споживачів можуть бути різними щодо один одного. Така передача обертання можлива завдяки застосуванню так званого планетарного механізму. В автомобілебудуванні диференціал є однією з ключових деталей трансмісії. У першу чергу він служить для передачі обертання від коробки передач до коліс ведучого мосту. Чому для цього потрібен диференціал (рис. 21.8)? У будь-якому повороті шлях колеса осі, що рухається по малому радіусу (внутрішньому), менший, ніж шлях іншого колеса тієї ж осі, який проходить по довгому (зовнішньому) радіусу. В результаті цього кутова швидкість обертання внутрішнього колеса повинна бути менша від кутової швидкості обертання зовнішнього колеса.

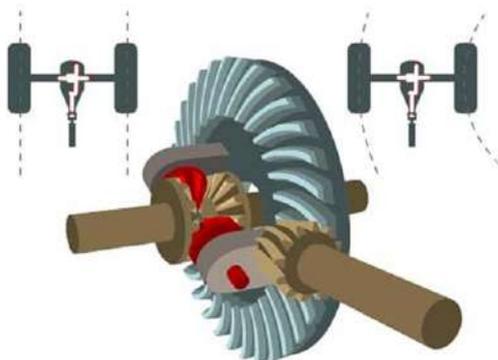


Рисунок 21.8 – Головна передача з диференціалом

У випадку з не ведучим мостом виконати цю умову досить просто, оскільки обидва колеса не пов'язані один з одним і обертаються незалежно. Але якщо міст ведучий, то необхідно передавати обертання одночасно на обидва колеса (якщо передавати обертання тільки на одне колесо, то тягові властивості автомобіля та його керування будуть неприйнятними). Блокування приводу коліс ведучого мосту і передачі обертання на єдину вісь обох коліс автомобіль не зможе нормально

повертати, оскільки колеса, маючи рівну кутову швидкість, будуть прагнути пройти один і той же шлях у повороті. Диференціал дозволяє вирішити цю проблему: він передає обертання на роздільні осі обох коліс (піввісь) через свій планетарний механізм з будь-яким співвідношенням кутових швидкостей обертання півосі. Внаслідок цього автомобіль може нормально рухатись і добре керується як на прямому шляху, так і в повороті. Схема роботи диференціала і планетарного механізму показана на рис. 21.8. Анімовану схему роботи можна побачити на сайті *Howstuffworks*. Однак конструкція планетарного механізму має вельми неприємну властивість: планетарний механізм прагне передати отримане від чашки диференціала обертання туди, куди легше. Наприклад, якщо обидва колеса мосту мають однакове зчеплення з дорогою і зусилля, необхідне для розкручування кожного з коліс однакове, диференціал буде розподіляти обертання рівномірно між колесами. Але варто тільки з'явитися відчутною різниці в зчепленні коліс з дорогою (наприклад, одне колесо потрапило на лід, а інше залишилося на асфальті), як диференціал одразу ж почне перерозподіляти обертання на те колесо, зусилля для обертання якого найменше (тобто на те, яке знаходиться на льоду). В результаті колесо, яке перебуває на асфальті, перестане отримувати обертання і зупиниться, а колесо, що перебуває на льоду, отримає всі обертання від диференціала. Чому і як це відбувається? Справа в тому, що планетарний механізм передає обертання на шестірні півосі через сателіти. Сателіт передає рівний крутний момент одночасно на дві півосі, оскільки є важелем з рівними плечами щодо власної осі обертання, через яку сателіт і отримує тягове зусилля. При прямолінійному русі з хорошим дорожнім зчепленням обох коліс сателіти не обертаються навколо своєї осі і передають максимальний крутний момент з чашки диференціала на піввісь. Чашка диференціала, планетарний механізм і піввісь обертаються з рівною кутовою швидкістю як єдине ціле. При повороті автомобіля сателіти починають повертатися навколо своєї осі, запускаючи планетарний механізм і забезпечуючи різницю в кутових швидкостях півосі, однак продовжують передавати оптимальний крутний момент на обидві півосі, оскільки дорожнє зчеплення обох коліс залишається високим.

У повнопривідних автомобілях диференціалом зазвичай обладнані два мости, а часто диференціал можна виявити ще й між мостами (міжосьовий диференціал). Таким чином, ми отримуємо схему трансмісії, в якій присутні цілих три диференціали: два мостових і один міжосьовий. Останній необхідний для постійного руху з повним приводом і передачею обертання на всі чотири колеса, оскільки у повороті колеса рульового переднього мосту мають зовсім інші радіальні швидкості, ніж чим колеса заднього моста. Міжосьовий диференціал спричинений передавати обертання від коробки передач до обох ведучих мостів з різним співвідношенням кутових швидкостей. Така схема з трьома диференціалами є однією з найпоширеніших схем для постійного повного приводу (*Full time 4WD*).

Повертаючись до описаної вище проблемної властивості планетарного механізму, цікаво розглянути ситуацію, коли повнопривідний автомобіль з міжосьовим диференціалом одним з чотирьох коліс потрапив на той самий лід (або в слизьку яму). Що тоді станеться? Диференціал мосту, колесо якого знаходиться на льоду, віддасть все отримане обертання на це колесо. Міжосьовий диференціал, у свою чергу, теж прагне передати обертання туди, куди легше. Природно, міжосьовому диференціалу легше обертати міст із просковзуючим на льоду колесом, на відміну від мосту, колеса якого мають гарне зчеплення з дорогою і можуть рухати автомобіль.

Повне (100 %-ве) примусове блокування диференціала (рис. 21.9)

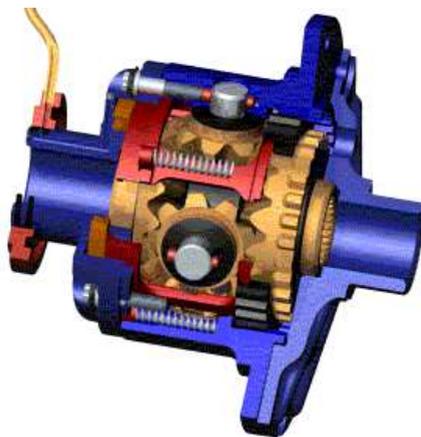


Рисунок 21.9 – Диференціал з планетарним механізмом

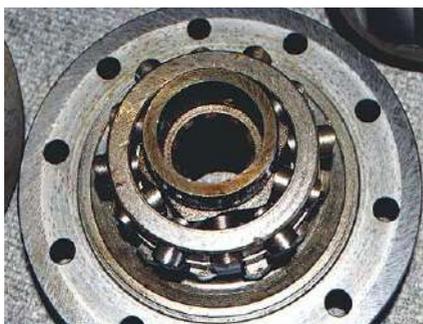
При такому типі блокування диференціал фактично перестає виконувати свої функції і перетворюється на просту муфту, що жорстко зв'язує піввісь (або карданом) між собою і постійно передає їм обертання з рівною кутовою швидкістю. Для того щоб повністю заблокувати класичний диференціал, досить або заблокувати можливість осевого обертання сателітів, або жорстко з'єднати між собою чашку диференціала з однією з півосі. При цьому планетарний механізм блокований і не розподіляє крутний момент по осях, що передаються на півосі. Моменти залежать безпосередньо від зчеплення кожного з коліс з дорогою. На рис. 21.9 зображена схема блокування компанії *ARB* для мостового диференціала, в якому блокуються сателіти. Підключення блокування реалізовано за допомогою приводу, керованого водієм з салону автомобіля.

В основному використовуються такі типи приводів: пневматичний, електричний, гідравлічний або механічний. Цей тип блокування застосовується як для мостових, так і для міжосьових диференціалів. З огляду того, що повністю блокований диференціал не розподіляє отриманий обертовий момент порівну між осями, у разі різкої втрати зчеплення одного з коліс переданий крутний момент на піввісь колеса з хорошим зчепленням різко зростає. Тому користуватися такими блокуваннями треба вкрай обережно, оскільки зусилля мотора цілком достатньо для того, щоб «зірвати» механізм блокування або поламати піввісь. Застосовувати такі блокування бажано лише на невеликих швидкостях для пересування по важкопрохідній місцевості, оскільки при їх застосуванні в мостах (особливо у кермових) автомобіль дуже сильно втрачає в керованості. Включати подібного роду блокування можна тільки на зупиненому автомобілі.

Як правило, жорсткими блокуваннями мостових і міжосьових диференціалів обладнуються повноцінні рамні позашляховики, такі, як *Toyota Land Cruiser, Runner (Hilux Surf), Mercedes G-Class* і т. п.

Кулачкові і зубчасті автоматичні блокування

Принцип роботи цих блокувань досить простий. Замість класичного шестеренного планетарного механізму використовуються кулачкові або зубчасті пари (рис. 21.10), які при невеликій різниці в куткових швидкостях півосі мають можливість взаємно повертатися (перескакувати), а при пробуксовці заклинюються і блокують піввісь один з одним. Неважко собі уявити, що відбувається з автомобілем при спрацьовуванні такого блокування у повороті. Деякі екземпляри просто



a



б

Рисунок 21.10 – Самоблокувальний диференціал:
a – кулачкові пари; *б* – зубчасті пари

відключають одну з півосі у момент виникнення невеликої різниці швидкостей (за рахунок використання обгінних муфт). Саме тому штатно такими блокуваннями обладнуються тільки диференціали військової та спеціальної техніки (БТР і т.п.) На рис. 21.10 зображені (зліва праворуч): кулачкова блокування вітчизняного виробництва (БТР 4), *Detroit Locker* і *Detroit E Z Locker* (компанія *Tractech*).

Limited Slip Differentials – диференціали з обмеженим «запобіганням» (забігу піввісь щодо відсталою), або самоблокувальні диференціали. Наукова назва – диференціали підвищеного тертя. Чим вище внутрішнє тертя в диференціалі, тим вище коефіцієнт блокування цього диференціала, тобто тим більше крутного моменту диференціал може перерозподілити на користь не буксуючого колеса. За принципом дії самоблокувальні диференціали можна поділити на два основних типи:

- *Speed sensitive* – спрацьовує при виникненні різниці у кутових швидкостях обертання півосі;
- *Torque sensitive* – що спрацьовують при падінні зусилля (крутного моменту) на одній з півосей.

Автоматичне блокування з використанням віскомуфти як «*Slip Limiter*»

У цьому випадку застосовується блокування однією з півосей з чашкою диференціала. Віскомуфта монтується співвісно півосі таким чином, що один її привід жорстко кріпиться до чашки диференціала, а інший – до півосі. При нормальному русі кутові швидкості обертання чашки і півосі однакові або незначно відрізняються (у повороті). Відповідно до робочої площини віскомуфти мають таку ж невелику розбіжність у кутових швидкостях, і муфта залишається розімкнутою. Як тільки одна з осей починає отримувати більш високу кутову швидкість обертання відносно іншої, у віскомуфти з'являється тертя і вона починає блокуватися. Причому чим більша різниця в швидкостях, тим сильніше тертя всередині віскомуфти і ступінь її блокування, а у міру збільшення ступеня блокування віскомуфти та вирівнювання кутових швидкостей

чашки і півосі, тертя всередині віськомуфти починає падати, що веде до плавного розмикання віськомуфти і до відключення блокування.

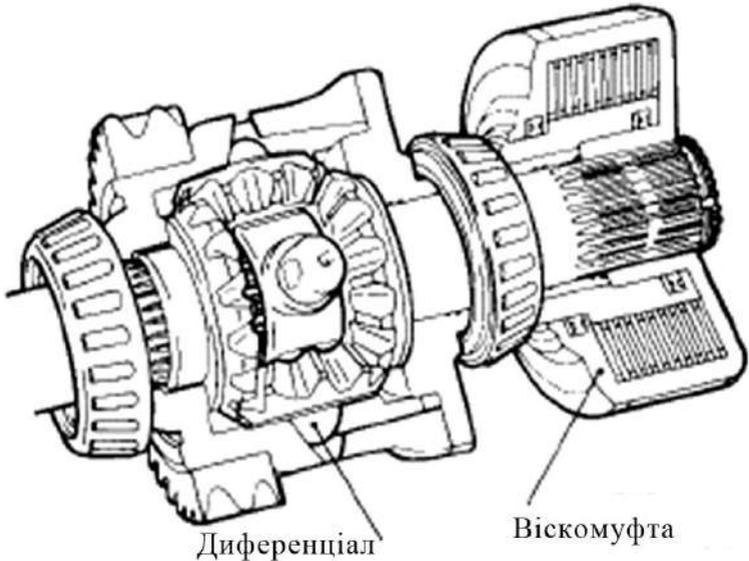


Рисунок 21.11 – Конічний диференціал з віськомуфтою

Ця схема застосовується для міжосьових диференціалів, оскільки її конструкція занадто масивна для установки на виході редуктора (на рис. 21.11). Подібний механізм блокування добре підходить для експлуатації в умовах поганого дорожнього покриття. Проте в умовах справжнього бездоріжжя його здатності далеко не видатні: віськомуфта не справляється з постійними змінами станів зчеплення мостів з ґрунтом, запізнюється при включенні, перегрівається і виходить з ладу. Цей тип блокування міжосьового диференціала можна зустріти як основний і єдиний засіб блокування на «паркетних» позашляховиках: *Toyota Rav4*, *Lexus RX300* і т. п., так і в як додаткове блокування (на додаток до 100 %-ої примусової блокування) на повнорозмірних позашляховиках *Toyota Land Cruiser*. Отже, і ступінь блокування диференціала за рахунок одержаного моменту тертя між чашкою диференціала і півоссю

диференціала перерозподіляє крутний момент на користь осі з найкращим дорожнім зчепленням (відстаючу піввісь).

Героторний диференціал (Gerodisk або Hydra Lock)

Американська компанія *ASHA Corp* виготовляє класичний диференціал з пристроєм блокування (рис. 21.12), що складається з масляного насоса з поршнем і комплекту фрикційних пластин (фрикційного блока), встановленого між чашкою диференціала і шестірнею однією з півосі. Принцип дії цього блокування практично нічим не відрізняється від розглянутого вище блокування за допомогою віскомуфти. Масляний насос монтується співвісно геродиск (*Hydra Lock*) і штатно встановлюється на позашляховики *Chrysler*. Практично для всіх *friction based* диференціалів необхідно застосовувати спеціальне масло, яке містить присадки, що забезпечують нормальну роботу фрикційних блоків. Піввісь виконана таким чином, що корпус кріпиться до чашки диференціала, а нагнітає ротор – піввісь. При виникненні різниці у кутових швидкостях піввісь і чашки диференціала насос починає нагнітати масло на поршень і здавлювати фрикційний блок, блокуючи тим самим шестірню півосі з чашкою диференціала. За рахунок одержаного моменту тертя диференціал перерозподіляє крутний момент на відстаючу піввісь (піввісь з найкращим зчепленням).



Рисунок 21.12 – Героторний диференціал

Torque sensitive lsd

Диференціали з фрикційними блоками попереднього натягу наведено на рис. 21.13.

Пристрій таких диференціалів доволі простий і принципово нічим не відрізняється від пристрою звичайного відкритого диференціала. Для створення додаткового тертя між півсями і чашкою диференціала додано комплекти блоків фрикційних пластин (які позначатимуться на рис. 21.13 праворуч червоними крапками). Саме тому подібні диференціали часто називають «*friction based*» і підпружують. Коли починається забігання відсталі півосі за рахунок моменту тертя на фрикційних пластинах, то у зв'язку з цим коефіцієнт блокування цих диференціалів зазвичай вибирають невеликим (інакше автомобіль матиме неадекватну керованість на дорозі). Тим не менш, для автоспорту випускаються моделі таких диференціалів з досить високим конструктивно закладеним тертям пластин і відповідно високим коефіцієнтом блокування. Крім перерахованих вище недоліків, можна виділити ще один – термін служби фрикційних блоків у таких



Рисунок 21.13 – Диференціал з фрикційними блоками попереднього натягу

диференціалах невеликий і з часом фрикційні блоки зношуються, знижуючи тим самим коефіцієнт блокування диференціала. Для всіх *friction based* диференціалів необхідно застосовувати спеціальне масло, яке містить присадки, що забезпечують нормальну роботу фрикційних блоків. Ці диференціали штатно встановлюються в задній міст багатьох позашляховиків – *Toyota Runner (Hilux Surf)*, *Toyota Land Cruiser*, *Nissan Terrano*, *Kia Sportage* і т. п. *LSD*. Досить часто фрикційні блоки однією з півосей (буксування колеса) диференціала перерозподіляє крутний момент. Цей тип блокування має дуже великий недолік – під дією тертя пластин диференціал перешкоджає виникненню навіть невеликої різниці у кутових швидкостях півосей (яка необхідна в поворотах), що негативно впливає на керованість автомобіля, а також на знос покришок.

Самоблокувальні диференціали з гепоїдним (черв'ячним або гвинтовим) і косозубими зачепленнями (рис. 21.14).

Це одна з найцікавіших, ефективних, технологічних та практично застосовуваних форм блокування диференціалів. Принцип роботи оснований на властивості гепоїдної або косозубої пари «розклинувальні». У зв'язку з цим основні (або всі) зачеплення в таких диференціалах косозубі або гепоїдні. Різновидів конструкцій не так вже й багато. Можна виділити три основних типи.

Перший тип виробляє компанія *Zexel Torsen* (Т 1). Гепоїдними парами є шестерні ведучих півосей і сателіти. При цьому кожна півось має власні сателіти, які парно пов'язані з сателітами протилежної півосі звичайним прямозубим зачепленням. Слід зазначити, що вісь сателіта перпендикулярна півосі. При нормальному русі та рівності переданих на піввісь крутних моментів гепоїдні пари «сателіт / ведуча шестерня» або зупинені, або провертаються, забезпечуючи різницю кутових швидкостей півосей у повороті. Як тільки одна з піввісей починає буксувати і крутний момент на ній падає, гепоїдні пари «піввісь / сателіт» починають обертатися і розклинувати, створюючи тертя з чашкою диференціала і один з одним, що призводить до часткового блокування диференціала. За рахунок моменту тертя диференціал перерозподіляє крутний момент на відсталу піввісь. Ця конструкція працює в самому великому діапазоні

розподілу крутного моменту – від $2,5/1$ до $5,0/1$. Діапазон спрацювання регулюється кутом нахилу зубців черв'яка.

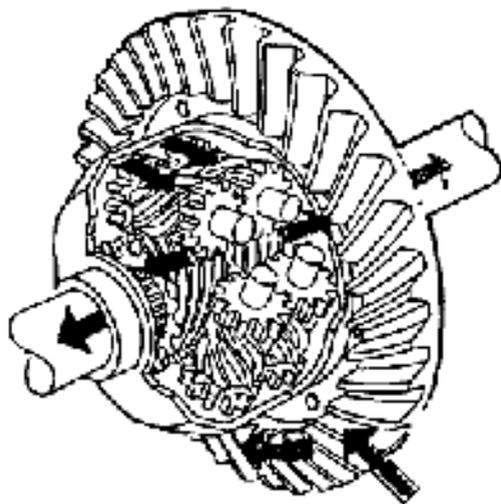


Рисунок 21.14 – Самоблокувальний диференціал з гепоїдним (черв'ячним або гвинтовим) і косозубим зачепленнями

Автором другого типу є англієць *Rod Quaife*. У цьому диференціалі використовуються косозубі шестерні півосі і гвинтові шестерні сателітів. Осі сателітів паралельні одна до одної півосі. Сателіти розташовані в своєрідних кишнях чашки диференціала. При цьому парні сателіти мають не прямозубі зачеплення, а утворюють між собою ще одну гепоїдну пару, яка розклинюючись, також бере участь у процесі блокування (рис. 21.15 зліва). Подібний пристрій має і диференціал *True Trac* компанії *Tractech*.

Компанія *Zexel Torsen* у своєму диференціалі T2 запропонувала трохи інше компонування, по суті, того ж пристрою (на рис. 21.15 праворуч). Завдяки своїй незвичайній конструкції парні сателіти з'єднані між собою з зовнішнього боку сонячних шестерень. Порівняно з першим типом ці диференціали мають менший коефіцієнт блокування, однак вони більш чутливі до різниці передавального моменту і спрацьовують раніше (починаючи від 1,4/1). Компанія *Tractech* нещодавно випустила мостовий диференціал *Torque sensitive Electrac* (рис. 21.16), обладнаний примусовим блокуванням від електроприводу.

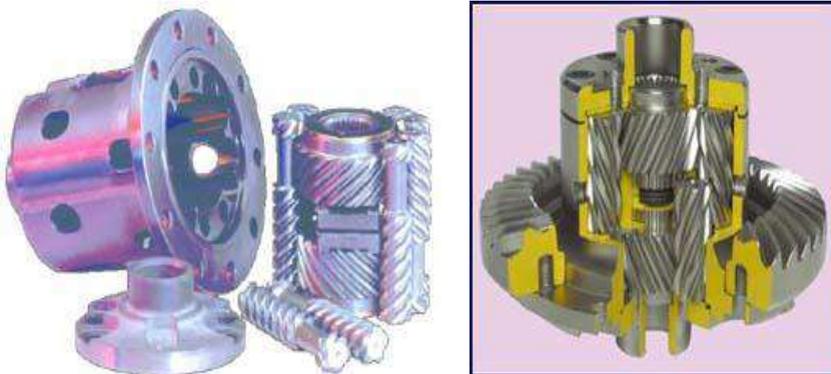


Рисунок 21.15 – Самоблокуючі диференціали з гепоїдним (черв'ячним або гвинтовим) і з косозубим зачепленнями

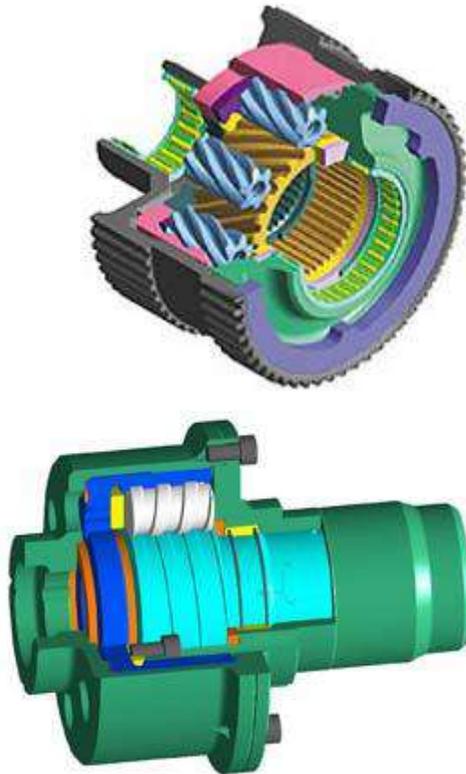


Рисунок 21.16 – Мостовий диференціал *Torque sensitive Electrac*, обладнаний примусовим електропровідним блокуванням

Третій тип виробляється компанією *Zexel Torsen* (Т-3) і використовується в основному для міжосьових диференціалів. Як і в другому типі, у цьому диференціалі використовуються косозубі шестерні півосі і гвинтові шестерні сателітів. Осі сателітів паралельні одна до одної півосям. Планетарна структура конструкції дозволяє змістити номінальний розподіл крутного моменту на користь однієї з осей. Наприклад, використовуваний на *Runner* 4-го покоління диференціал Т-3 має номінальний розподіл моменту 40/60 на користь задньої осі. Відповідно зміщений і весь діапазон роботи часткового блокування.

Управління роботою диференціалів за допомогою електронних систем контролю гальмівних зусиль (*Traction Control* і т. п.)

В сучасному автомобілебудуванні застосовується все більше і більше електронних систем контролю за рухом автомобіля. Вже рідко можна зустріти автомобілі, які не оснащені системою *ABS* (що не дає колесам заблокуватися при гальмуванні). Більше того, вже з кінця 80-х років минулого століття передові виробники стали комплектувати свої флагманські моделі системами контролю тяги і зчеплення коліс – *Traction Control*. Наприклад, Тойота встановила систему *Traction Control* на *Lexus LS400* в 1989 році. Принцип роботи такої системи простий: універсальні (так само обслуговують *ABS*) датчики обертання, встановлені на контрольованих колесах, фіксують початок пробуксовки одного колеса осі щодо іншого, і система автоматично пригальмовує буксуюче колесо, тим самим збільшуючи на нього навантаження і змушуючи диференціал еквівалентно збільшити крутний момент на колесі з хорошим дорожнім зчепленням. При сильній пробуксовці система також може обмежувати подачу палива в циліндри. Робота такої системи дуже ефективна, особливо на задньопривідних автомобілях. Як правило, таку систему можна примусово деактивувати кнопкою на панелі приладів. З часом електронна система контролю гальмівних зусиль удосконалювалася і до неї додавалися все нові функції, що працюють поряд з *ABS* і *TRAC* (наприклад управління різницею розблокування рульових коліс для більш успішного проходження поворотів). У всіх виробників ці функції називалися по-різному. Однак сенс при цьому залишався однаковим. І ось дані системи стали встановлюватися на повнопривідні автомобілі і позашляховики, причому в деяких випадках вони є єдиним засобом контролю тяги та перерозподілу крутного моменту між осями і колесами (*Mercedes ML, BMW X5*). У разі, якщо позашляховик оснащений більш серйозними засобами розподілу крутного моменту (самоблокувальними диференціалами і жорсткими блокуванням), то електронна система контролю гальмівних зусиль дуже вдало доповнює ці пристрої. Хороший приклад тому – чудова керованість і прохідність останнього покоління тойотовських

позашляховиків *Runner (Hilux Surf), Prado, Lexus GX470*. Будучи представниками однієї платформи, вони володіють міжосьовим диференціалом *Torsen T3* з можливістю жорсткої блокування, а також електронною системою контролю гальмівних зусиль і тяги з безліччю функцій, що допомагають водієві керувати автомобілем.

Конструкція і робота конічних диференціалів задніх мостів автомобілів ГАЗ-53А, ЗІЛ-130, МАЗ-5335.

Конічний диференціал встановлюється між півсями 3 і 19 провідних коліс (див. рис. 21.2). Дві чашки 6 і 22 диференціала стягнуті болтами, утворюючи коробку диференціала; на коробці диференціала закріплено ведене колесо 1 головної передачі. Між чашками диференціала жорстко закріплена хрестовина 21, на шипах якої вільно посаджені і можуть обертатися сателіти 17. Сателіти знаходяться в зачепленні одночасно до двох півосьовими шестернями 7 і 18, які за допомогою шліц з'єднані з півсями. Торцева поверхня сателіта, якою він спирається на коробку диференціала, виконана сферичною, що забезпечує найкраще центрування сателіта і правильність його зачеплення з півосьовими шестернями. Для зменшення тертя між опорними поверхнями сателітів і коробкою диференціала встановлені шайби з м'якої сталі (іноді бронзові), зміна цих пов'язаних шайб компенсує знос деталей; такі ж шайби встановлені під півосьовими шестернями. Сателіти і напівосьові шестерні виконуються прямозубими. Шестерні диференціала є самомонтуючими і регулюванню не підлягають.

Обертний момент від головної передачі передається на коробку диференціала, спільно з якою обертається вісь сателітів. При прямолінійному русі піввісь обертається з однаковою частотою, рівною частоті обертання коробки диференціала; сателіти при цьому обертаються разом з віссю обертання, залишаючись нерухомими щодо власної осі – своїми зубцями вони ніби заклинюють обидві напівосьові шестерні, і вся система обертається як одне ціле. При повороті автомобіля внутрішнє ведуче колесо починає обертатися повільніше; сателіти, обертаючись разом з хрестовиною, перекачуються по півосьовій

шестірні, що сповільнила обертання і обертаються навколо осі, тим самим збільшуючи частоту обертання другій півосьовій шестірні. У будь-якому випадку руху справедлива така залежність:

$$n = (n_l + n_n) / 2,$$

де n – частота обертання коробки диференціала; n_l , n_n – частота обертання лівої і правої півосей.

Принцип дії і конструктивні особливості диференціала автомобіля ГАЗ-66.

Обґрунтувати необхідність застосування на автомобілях підвищеної прохідності диференціала підвищеного тертя. Схема кулачкового диференціала підвищеного тертя наведена на рис. 21.17.

Ведучою деталлю кулачкового диференціала є сепаратор, виконаний разом з чашкою диференціала; за допомогою сухарів сепаратора передається момент на ведені шестерні, які сполучені з відповідними півосями. Сепаратор 20 має два ряди отворів, розташованих у шаховому порядку; у кожному ряду заставлено по 12 сухарів 19. На зовнішній та внутрішній поверхнях сепаратора між рядами отворів під сухарі поставлені стопорні кільця, що запобігають провертанню сухарів. Внутрішні вершини сухарів впираються у внутрішню зірочку 23, а зовнішні кінці сухарів – у зовнішню зірочку 17. Зовнішня зірочка 17 має шість рівномірно розташованих з внутрішньої окружності кулачків, а внутрішня зірочка 23 – два ряди кулачків по шість у кожному ряду, розміщених у шаховому порядку. При прямолінійному руху автомобіля сепаратор і зірочки обертаються з однаковою кутовою швидкістю. При повороті автомобіля піввісь, а з нею і зірочки обертаються з різною кутовою швидкістю; під дією кулачків відсталі зірочки відбувається радіальне переміщення сухарів, що впливають на кулачки іншої зірочки. Завдяки підвищеному тертю між сухарями і зірочками для провертання півосі необхідна наявність значної різниці в опорі коліс, буксування коліс менш імовірно.

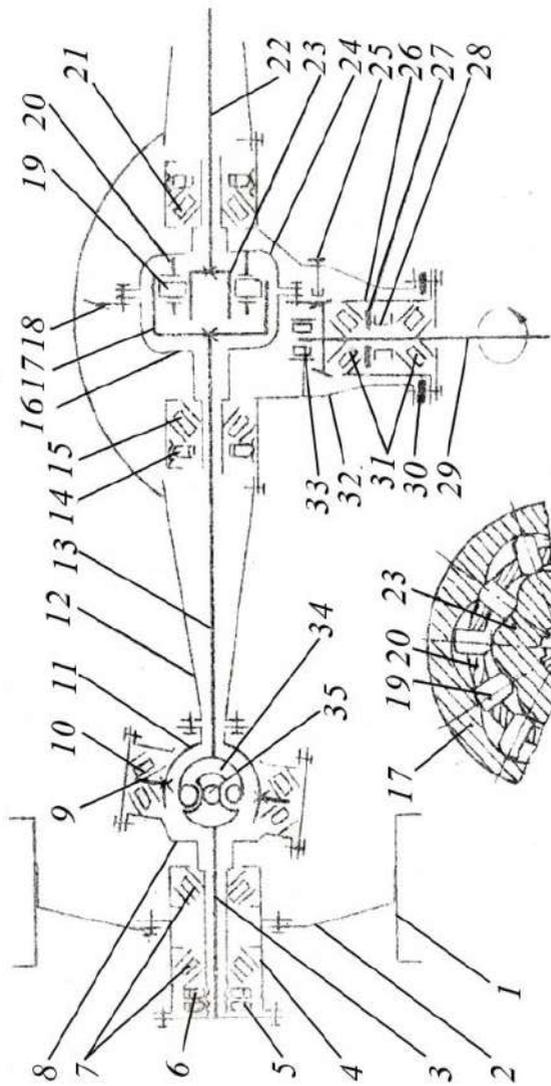


Рисунок 21.17 – Передній ведучий міст автомобіля ГАЗ-66:

1 – обід колеса; 2 – диск колеса; 3 – привідний вал колеса; 4 – маточина колеса; 5 – фланець привідного вала; 6 – регулювальна гайка; 7 – конічні роликотідшипники; 8 – цапфа; 9 – шворінь; 10 – конічні роликотідшипники поворотної цапфи; 11 – кульова опора; 12 – картер переднього моста; 13 і 22 – піввісь; 14 – регулювальні гайки; 15–21 – конічні роликотідшипники; 16 і 24 – чашки диференціала; 17 – зовнішня зірочка диференціала; 18 – ведена шестірна головної передачі; 19 – сухарик диференціала; 20 – сепаратор; 23 – внутрішня зірочка диференціала; 25 – гвинт упору; 26 – стакан підшипників; 27 і 30 – регулювальні прокладки; 28 – дистанційна втулка; 29 – провідна вал-шестірна; 31 – конічні роликотідшипники; 32 – картер головної передачі; 33 – роликотідшипник; 34 – внутрішній вал; 35 – зовнішній кулак

Конструктивні особливості переднього ведучого керованого мосту автомобіля ГАЗ-66, схема якого наведена на рис. 21.17, ускладнюють його технологію виготовлення. Користуючись плакатами і макетом, можливо розглянути необхідні експозиції.

Міжосьові диференціали автомобілів.

Завдання по міжосьових диференціалах:

1. Класифікувати міжосьові диференціали КрАЗ-255 (рис. 21.18), КрАЗ-260, КамАЗ-5320 (рис. 21.19), кінематичні схеми яких наведено.

2. За макетами і плакатами вивчити конструкцію і роботу міжосьового диференціала автомобіля КрАЗ-255, скласти опис, визначити передавальні числа розподільної коробки.

3. Розглянути конструктивні особливості міжосьового диференціала з пневматичним приводом блокування автомобіля КамАЗ, скласти його конструктивну схему та опис.

4. Розглянути конструктивні особливості несиметричного міжосьового диференціала автомобіля КрАЗ-260.

5. Для ведучих мостів автомобіля охарактеризувати застосовувані матеріали основних деталей. Приблизний перелік матеріалів наведено в табл. 21.1.

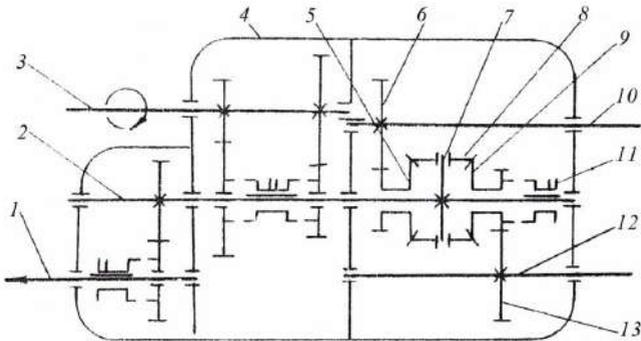


Рисунок 21.18 – Міжосьовий диференціал автомобіля КрАЗ-255:

1 – вал приводу переднього мосту; 2 – ведений вал розподільної коробки;

3 – ведучий вал; 4 – картер; 5 і 9 – сонячні шестерні;

6 – шестірня приводу середнього мосту; 7 – хрестовина; 8 – сателіт;

10 – вал приводу середнього мосту; 11 – муфта блокування; 12 – вал приводу

заднього мосту; 13 – шестірня приводу заднього мосту

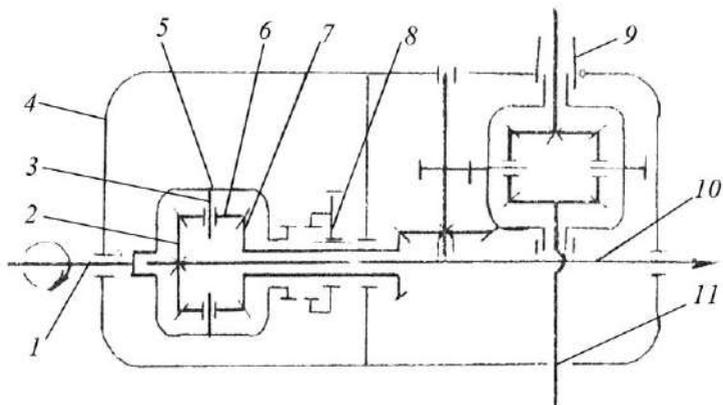


Рисунок 21.19 – Міжосьовий диференціал автомобіля КамАЗ-5320:
 1 – вал ведучий; 2 і 7 – сонячні шестерні; 3 – хрестовина; 4 – картер;
 5 – коробка диференціала; 6 – сателіт; 8 – муфта блокування;
 9 і 11 – піввісь середнього мосту; 10 – вал приводу заднього мосту

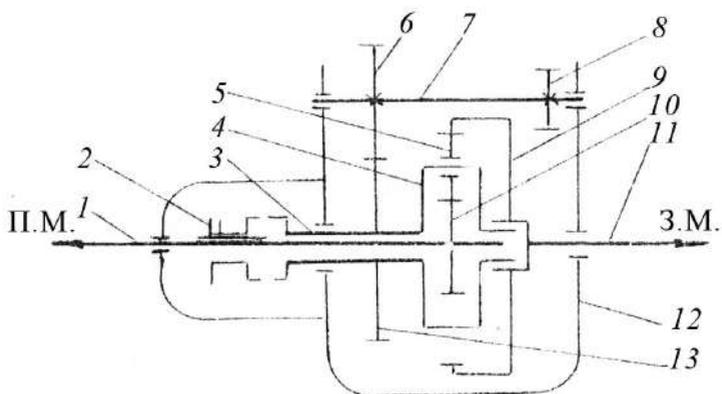


Рисунок 21.20 – Міжосьовий диференціал автомобіля КрАЗ -260:
 1 – вал приводу переднього мосту; 2 – муфта блокування; 3 – вал водила;
 4 – водило; 5 – сателіт; 6 і 8 – ведені шестерні розподільної коробки;
 7 – проміжний вал; 9 – епіцикл; 10 – сонячна шестірня;
 11 – вал приводу заднього мосту; 12 – картер; 13 – шестірня приводу
 диференціала

Таблиця 21.1 – Приблизний перелік матеріалів для виготовлення деталей ведучих мостів

Найменування деталей	Матеріал	Примітка
Картер заднього мосту	Сталь 40Л	
Кожух півосі	Сталь 40Х	
Піввісь	35ХГСА, 38ХГС, 40ХН2МА	Загартованість
Картер головної передачі	Сталь, КЧ 37	
Вал-шестірня ведуча	Сталь 18ХГТ, 20ХН3А, 20ХГНМ	Цементация, загартованість
Шестірня ведена головної передачі	Сталь 20ХГНМ, 20ХГНМГА, 25ХГМ, 30ХГТ	Той же
Сателіти диференціала	Сталь 18ХГТ, 20ХН3А	–“–
Напівосьові шестерні	Сталь 18ХГТ, 20ХН3А	–“–
Чашки диференціала	Сталь КЧ 37	–“–
Хрестовина диференціала	Сталь 20ХГР	–“–
Сонячна шестірня і сателіти колісного редуктора	Сталь 20ХН3А, 25ХГНР	–“–
Епіцикл	Сталь 18ХГТ, 38ХС	–“–

Контрольні запитання

1. Агрегати ведучого мосту автомобіля, призначення кожного з них.
2. Основні ознаки класифікації головних передач.
3. Галузь застосування різних типів головних передач.
4. Конструкції головних передач розглянутих мостів.
5. Регулювання деталей головних передач.
6. Мастило деталей головних передач.

7. Принцип роботи і конструкція колісного редуктора; передавальне число.
8. Основні ознаки класифікації диференціалів.
9. Принцип роботи і конструкція конічного диференціала.
10. Принцип роботи і конструкція кулачкового диференціала.
11. Типи міжосьових диференціалів.
12. Конструкція і робота розглянутих міжосьових диференціалів.
13. Матеріали деталей ведучого мосту.
14. Особливості експлуатації агрегатів ведучого мосту.
15. Переваги і недоліки розглянутих вузлів.

Лабораторна робота 22 КЕРОВАНІ МОСТИ

Мета роботи – вивчити пристрій та роботу передніх керованих нерозрізних та розрізних мостів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати з конструкції мостів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій керованих мостів;

- мости в розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити будову та конструктивні особливості мостів автомобілів;
- вивчити призначення та взаємодію основних елементів вузла;
- вивчити порядок регулювання положення коліс;
- для автомобіля за завданням навести кути установки передніх керованих коліс та шкворнів.

Мости

Мости автомобіля служать для підтримки рами та кузова і передачі від них на колеса вертикального навантаження, а також для передачі від коліс на раму (кузов) штовхаючих, гальмівних та бічних зусиль.

Класифікацію мостів наведено на рис. 22.1.

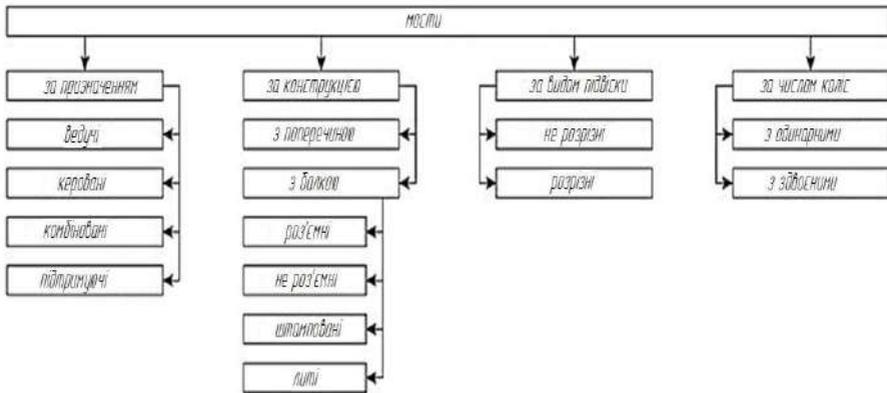


Рисунок 22.1 – Класифікація мостів

На рис. 22.2 зображено варіанти мостів.

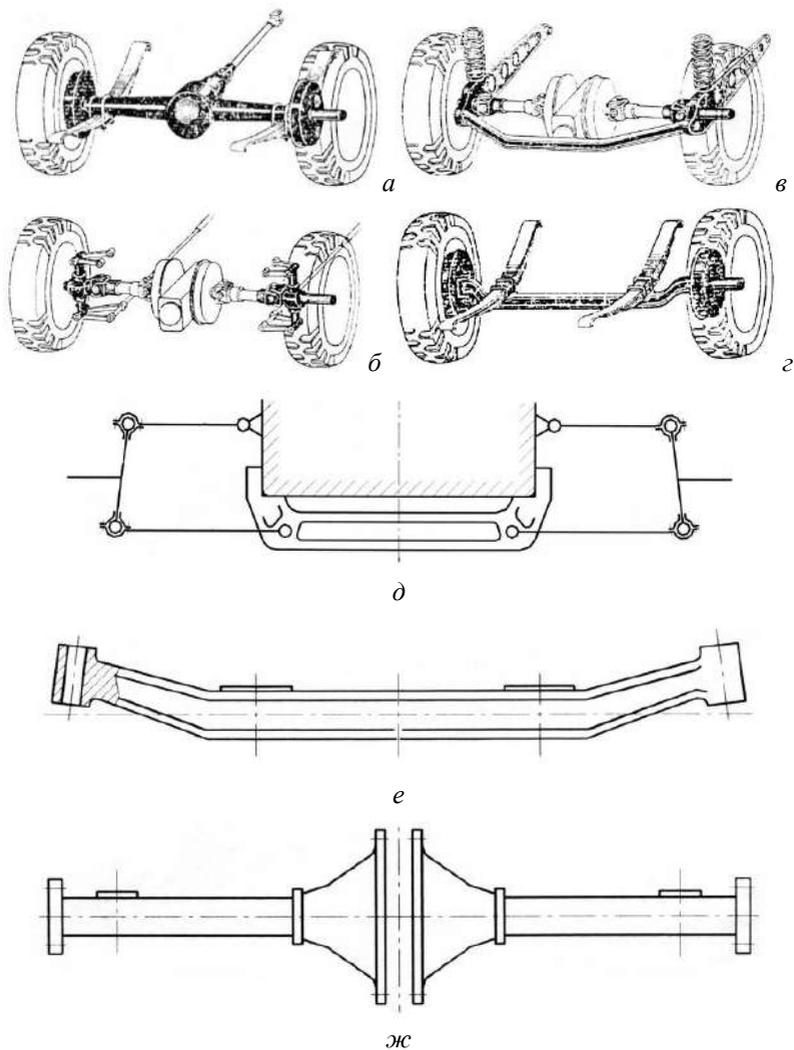


Рисунок 22.2 – Варіанти мостів ходової частини:
a – нерозрізний ведучий; *б* – розрізний ведучий; *в* – провідний розрізний з поперечною балкою; *г* – ведений керований; *д* – розрізна балка мосту; *е-л* – нерозрізні балки мостів; *е* – керованого; *ж* – провідного роз’ємного

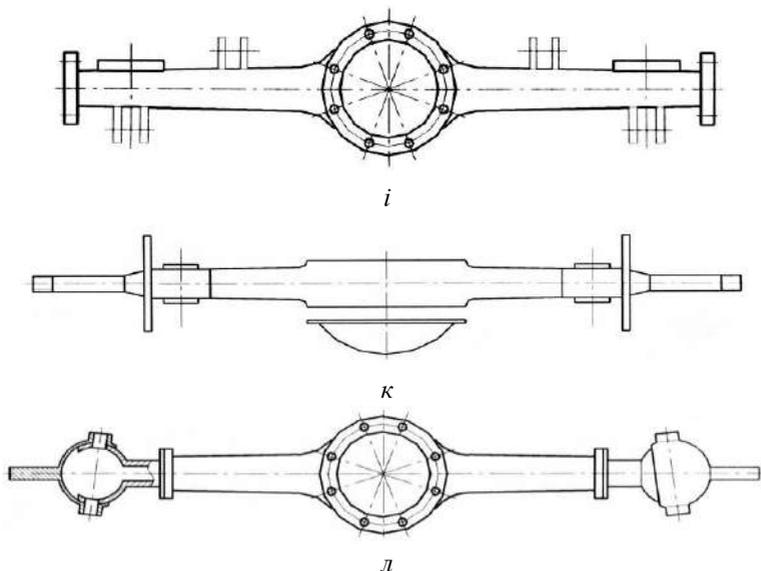


Рисунок 22.2 – Варіанти мостів ходової частини:
i – нероз’ємний штампований зварний; *к* – нероз’ємний литий;
л – комбінований (продовження)

Залежно від типу коліс, що встановлюються, мости поділяють на ведучі, керовані, комбіновані (ведучі та керовані одночасно) і підтримуючі.

Передні осі можуть бути як розрізними, так і нерозрізними.

Передні осі нерозрізні встановлюються на вантажних автомобілях, а розрізні – на легкових.

Передній керований міст

Переднім керованим мостом називається поперечна балка з керованими колесами, до яких не підводиться крутний момент від двигуна. Цей міст служить для підтримання несучої системи автомобіля та забезпечення його повороту.

Передні керовані мости різних типів широко застосовуються на вантажних автомобілях та автобусах з колісною формулою 4 x 2, а також на вантажних автомобілях з колісною формулою 6 x 4.

Залежно від типу підвіски керованих коліс передні мости автомобілів можуть бути нерозрізними та розрізними. У нерозрізних

мостах керовані колеса безпосередньо з балкою мосту. У розрізних мостах зв'язок керованих коліс із балкою мосту здійснюється через підвіску. Нерозрізні мости застосовуються на вантажних автомобілях та автобусах при залежній підвісці коліс. Розрізні мости встановлюються на легкових автомобілях та автобусах за незалежної підвіски коліс.

Передній нерозрізний міст (рис. 22.3) є балкою 2 з встановленими по обох кінцях поворотними цапфами 1. Балка – кована сталева, зазвичай двотаврового перерізу. Середня частина балки вигнута вниз для нижчого розташування двигуна та центру ваги автомобіля з метою підвищення його стійкості. У бобишках балки закріплені нерухомо шворні 4, на яких встановлені поворотні цапфи 1. На поворотних цапфах, на підшипниках встановлюються маточини з керованими колесами. Поворотні цапфи разом із колесами, повертаючись навколо шворнів, забезпечують поворот автомобіля. Міст за допомогою ресор кріпиться до рами автомобіля.

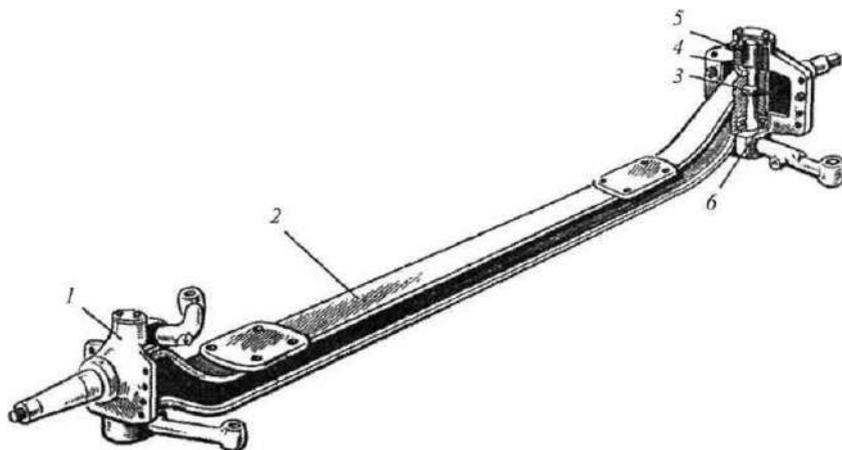


Рисунок 22.3 – Передній керований міст вантажного автомобіля:
1 – поворотна цапфа; 2 – двотаврова балка; 3 – стопорний штифт;
4 – шворінь; 5 – маслянка; 6 – опорний підшипник

Передній міст автомобіля ЗІЛ-431410 (рис. 22.4) складається з балки 13 та поворотних цапф 6 у зборі. Балка 13 двотаврового перерізу виготовляється з вуглецевої сталі. На її кінцях у вертикальній площині зроблені отвори для установки шворнів 8, що забезпечують шарнірне

з'єднання балки з поворотними цапфами 6. З одного боку шворні 8 мають лиску для утримання їх від провертання в отворах балки, в яких вони кріпляться за допомогою клиновидного штифта 12.

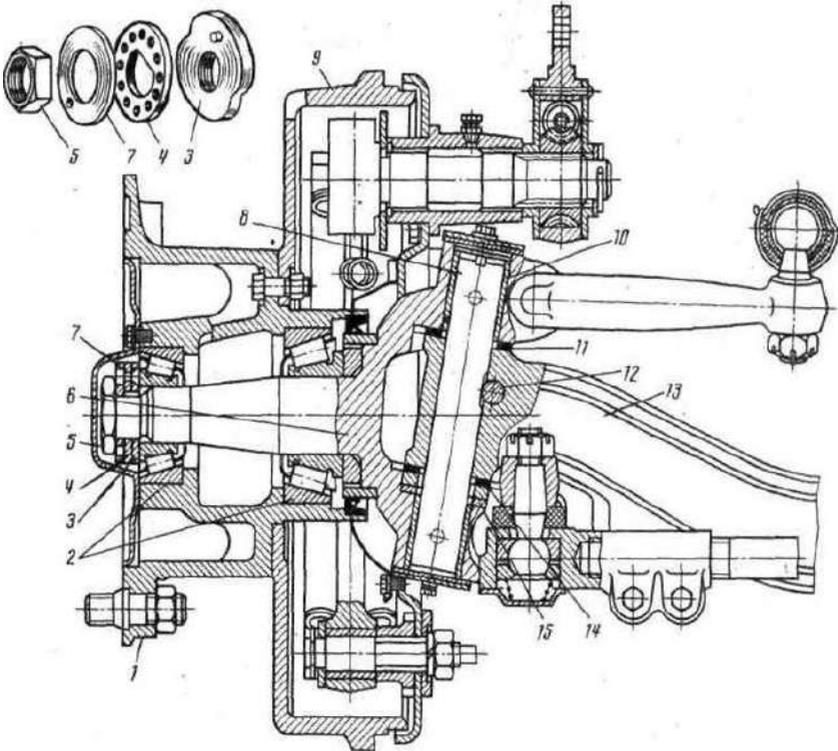


Рисунок 22.4 – Передній міст автомобіля ЗІЛ-431410:

- 1 – маточина; 2 – роликпідшипники; 3 – гайка; 4 – замкове кільце;
 5 – контргайка; 6 – поворотна цапфа; 7 – замкова шайба; 8 – шворінь;
 9 – гальмівний барабан; 10 – втулка; 11 – прокладки;
 12 – штифт; 13 – балка; 14, 15 – опорні шайби

Поворотна цапфа 6 – сталева кована. Вона має фланець, на зовнішньому боці якого у вертикальній площині розташовані два виступи із запресованими в них втулками 10, які входять у кінці шворня. Таким чином, права і ліва поворотні цапфи 6, обертаючись на шворнях 8 можуть

З внутрішнього боку маточини до фланця прикріплені болтами з гайками гальмівний барабан 9. На зовнішніх фланцях маточок є отвори для запресування в них шпильок, на які встановлюються диски керованих коліс автомобіля.

Передній міст вантажних автомобілів КамАЗ (рис. 22.5) є нерозрізним. У бобишках сталеві балки 17 двотаврового перерізу стопорними клинами 14 закріплені шкворні 19, на яких встановлені поворотні цапфи 5.

Цапфи вільно повертаються навколо шворнів на бронзових втулках, запресованих у вушка цапф, і на упорних підшипниках 15, що знаходяться між цапфами та балкою мосту. До фланців поворотних цапф прикріплені гальмівні механізми 21 коліс. У вушках цапф закріплені важелі 16 для кріплення поперечної рульової тяги 18 і поворотний важіль 12 у лівій цапфі для кріплення поздовжньої рульової тяги 13. На поворотних цапфах на роликівих конічних підшипниках 8 і 10 встановлені маточини поворотних цапф і закріплені гайкою 2 замковими шайбами 3 і 4 і контргайкою 7. Зовні маточини закриті кришками 6 з прокладками, а зсередини манжетами 20.

Основною несучою деталлю переднього мосту автомобілів МАЗ є балка 33 (рис. 22.6). Вона виготовляється методом гарячого штампування зі сталі та має двотавровий перетин з майданчиками на верхній полиці для кріплення ресор.

З метою підвищення зносостійкості поверхня шворня піддається загартуванню СВЧ. Нижня циліндрична шийка шворня спирається на бронзову втулку, запресовану у вушко поворотної цапфи. Оскільки вушка поворотної цапфи оброблені в лінію і мають однаковий діаметр, а діаметр верхнього кінця шворня менший за діаметр нижнього, то зверху на шворні встановлюється сталева втулка, яка компенсує різницю у зазначених діаметрах і одночасно є розпірною втулкою. Втулка разом із шворнем повертається у бронзовій втулці 22 верхнього вушка поворотної цапфи.

На нарізний кінець шворня звернена гайка, за допомогою якої усувають зазор у конічному з'єднанні шворня з балкою передньої осі. Гайка стопориться замковою шайбою.

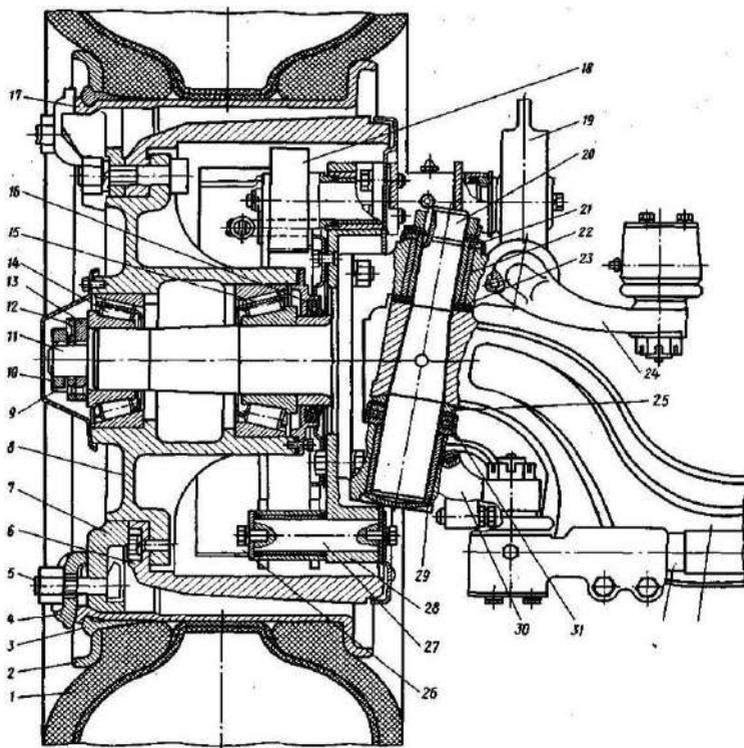


Рисунок 22.6 – Передня вісь із маточиною колесо:

- 1 – колесо; 2 – бортове кільце; 3 – замкове кільце; 4 – притиск; 5 – болт;
 6 – гальмівний барабан; 7 – диск; 8 – маточина; 9 – стопорна шайба;
 10 – контргайка; 11 – поворотний кулак; 12 – замкова шайба; 13 – гайка маточини; 14, 15 – підшипники; 16 – сальник; 17 – обід; 18 – розтискний кулак;
 19 – регулювальний важіль; 20 – шворінь; 21 – сталевя втулка; 22, 29 – бронзові втулки; 23 – регулювальні прокладки; 24 – важіль поздовжньої рульової тяги;
 25 – сферична шайба; 26 – гальмівна колодка; 27 – вісь колодок; 28 – супорт;
 30 – важіль поперечної кермової тяги; 31 – підшипник шворня;
 32 – поперечна рульова тяга; 33 – балка передньої осі

Між нижнім вушком поворотної цапфи і балкою розташований упорний кульковий підшипник 31. Балка спирається на цей підшипник через опорну шайбу 25, прилеглу до нього плоским боком, а балки – сферичною поверхнею, що забезпечує правильну самоустановку підшипника. При такому поєднанні балки передньої осі з поворотною цапфою горизонтальні навантаження сприймаються бронзовими втулками, запресованими у вушка поворотної цапфи, а вертикальні – упорим кульковим підшипником.

Для вільного обертання при обмеженому вертикальному переміщенні поворотної цапфи та пов'язаного з ним колеса на шворні між верхнім вушком поворотної цапфи і балкою передньої осі є зазор, який повинен бути в межах від 0,1 до 0,4 мм. Для забезпечення заданого зазору між верхнім вушком поворотної цапфи і балкою встановлені металеві шайби регулювальні 23. Поворотні цапфи з'єднані з рульовою трапецією.

На конічних роликів підшипниках поворотної цапфи обертається маточина 8 переднього колеса. Підшипники закріплені на цапфі гайкою 13 із замковим кільцем 12 та контргайкою 10 із шайбою 9.

Маточини коліс відлиті з ковкого чавуну, із зовнішнього боку мають шість фігурних спиць, на яких за допомогою болтів закріплені диск 7 і гальмівний барабан 6.

Передній міст автомобілів КрАЗ із колісною формулою 6x4 є керованим. Він приймає від рами вертикальне навантаження і передає на раму поздовжні та поперечні сили від коліс. Будува передньої осі автомобіля КрАЗ показано на рис. 22.7. Вона складається з балки 17 двотаврового перерізу.

Балка має два майданчики для встановлення ресор. На обох кінцях балки висвердлені конічні отвори, які встановлюються шворні 16 поворотних цапф 15.

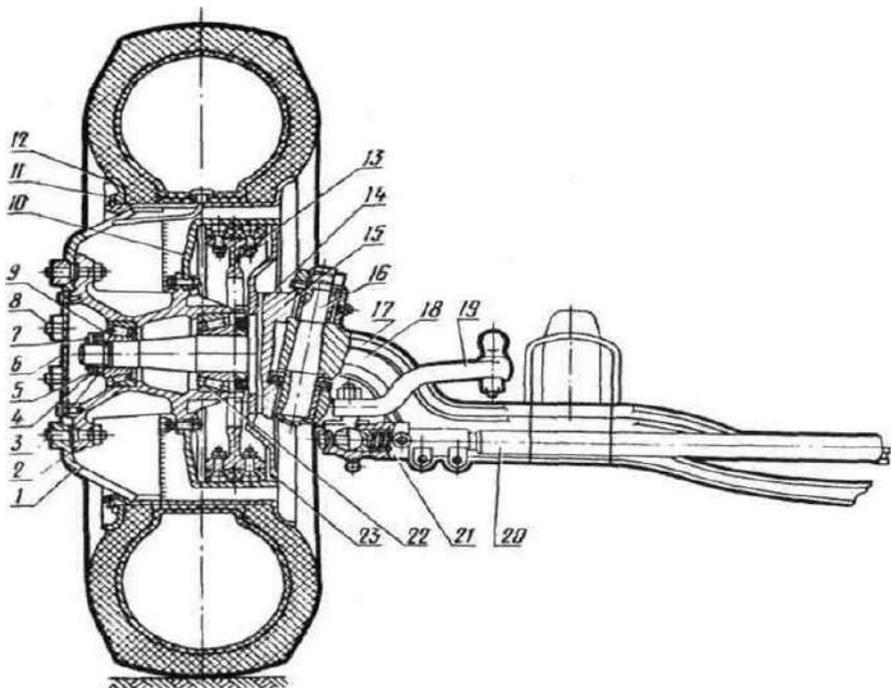


Рисунок 22.7 – Передня вісь автомобіля КрАЗ:

- 1 – диск колеса; 2 – маточина; 3 – гайки; 4, 5 – шайби; 6 – кришка маточини;
 7 – контргайка; 8 – шпилька колеса; 9 – зовнішній підшипник; 10 – гальмівний барабан; 11 – замкове кільце; 12 – бортове кільце;
 13 – гальмівна колодка; 14 – сальник; 15 – поворотна цапфа;
 16 – шворінь поворотної цапфи; 17 – балка передньої осі; 18 – підшипник шворня; 19 – лівий важіль кермової трапеції;
 20 – поперечна рульова тяга; 21 – наконечник поперечної кермової тяги;
 22 – внутрішній підшипник; 23 – гальмівний диск

Кожен шворінь жорстко кріпиться в балці за допомогою гайки і спирається на цапфу через упорний підшипник. На вісь цапфи на двох кінцевих роликових підшипниках 22 встановлюється маточина колеса 2, яка кріпиться на осі гайкою 3, що є одночасно регулювальною для підшипників. Затягування підшипників має забезпечувати вільне, але без

помітного осевого люфта, обертання колеса. Підшипники при складанні маточини змащуються консистентним мастилом, а самопідтискний сальник 14 запобігає її витіканню при експлуатації автомобіля. Поворотна цапфа лівого колеса верхнім вушком з'єднується з поздовжньою рульовою тягою, а нижні з вушком обох поворотних цапф з'єднуються між собою поперечною рульовою тягою 20.

Передній нерозрізний, керований міст легкового автомобіля

На рис. 22.8 показаний передній керований міст легкового автомобіля малого класу з незалежною шворневою, торсійною підвіскою керованих коліс.

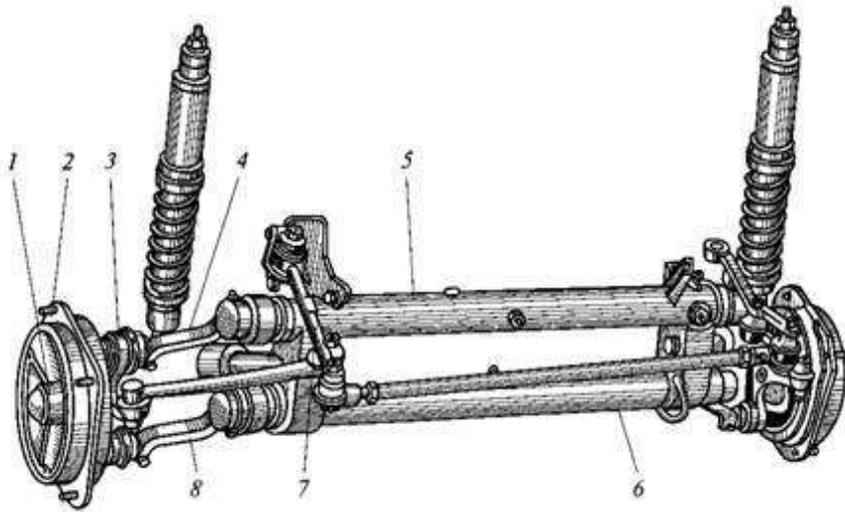


Рисунок 22.8 – Передній розрізний, керований міст легкового автомобіля малого класу:

- 1 – маточина; 2 – гальмівний барабан; 3 – стійка; 4, 8 – важелі;
- 5, 6 – труби; 7 – кронштейн

Міст розрізний і є знімний вузол. Балка мосту складається з двох сталевих труб 5 та 6, з'єднаних один з одним за допомогою штампованих кронштейнів 7.

Передні керовані колеса разом з маточинами 1 і гальмівними барабанами 2 встановлені на підшипниках на цапфах поворотних стійок 3. Стійки з'єднують верхні 4 і 8 нижні важелі підвіски, які пов'язані з торсіонами, розташованими в сталевих трубах балки мосту. Кріплення мосту до кузова автомобіля здійснюється за допомогою кронштейнів 7.

Ведучий міст (рис. 22.9) при незалежній підвісці виконується розрізним, при цьому картер головної передачі закріплюється на рамі, а півосі виконуються хитними.

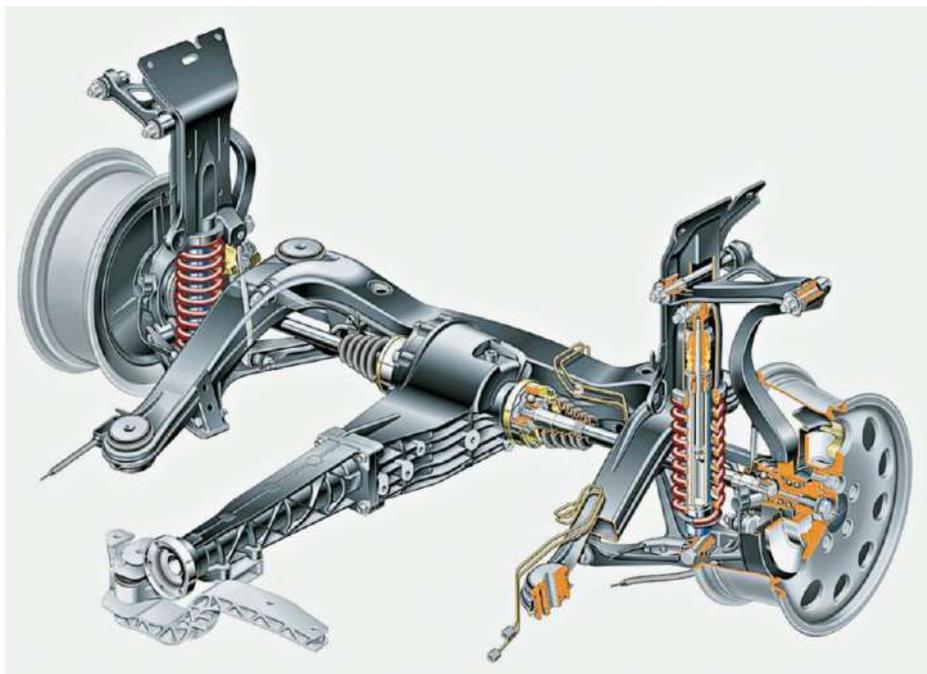


Рисунок 22.9 – Розрізний керований міст

Керований (зазвичай передній) міст є балкою, в якій на шарнірах встановлені поворотні цапфи і сполучні елементи. Основою керованого мосту може бути жорстка штампована балка або підрамник (рис. 22.10).



Рисунок 22.10 – Керований передній міст із підрамником

Комбінований міст (рис. 22.11) виконує функції ведучого та керованого мостів, застосовується, як правило, як передні мости передньопривідних легкових автомобілів на повнопривідних автомобілях або, рідше, як проміжні та задні мости. До півшовового кожуха комбінованого мосту прикріплюють кульову опору, де є шворневі пальці. На останніх встановлюють поворотні кулаки (цапфи). У середині кульових опор та поворотних кулаків знаходиться карданний шарнір (рівних кутів швидкостей), через який здійснюється привід на ведучі та керовані колеса.



Рисунок 22.11 – Комбінований міст

Кути установки передніх коліс

Автомобіль повинен зберігати прямолінійний рух та повертатися до нього після повороту. Не можна допускати ковзання шин по дорозі, оскільки це призводить до їхнього швидкого зношування. Для виконання цих вимог передні колеса та шворні поворотних цапф керованих мостів встановлюють під певними кутами. Конструкція переднього мосту забезпечує розвал та сходження передніх коліс (рис. 22.12), а також поперечний (бічний) та поздовжній кути нахилу шворнів.

Кут розвалу коліс визначається кутом α , що утворюється площиною обертання колеса з вертикальною площиною. Він забезпечується кутом нахилу поворотних цапфів вниз і вважається позитивним, якщо верхня частина колеса відхилена назовні від вертикальної площини. Кут розвалу різний у різних моделей автомобілів і становить $0-2^\circ$.

Кут розвалу необхідний для забезпечення перпендикулярного розташування коліс до поверхні дороги під час руху автомобіля. Крім того, при встановленні коліс з кутом розвалу сила реакції дороги в основному передається на внутрішній підшипник маточини колеса, який зазвичай виконується більшого розміру, ніж внутрішній.

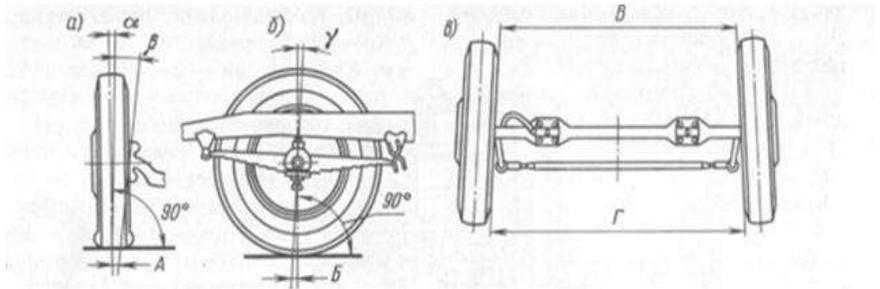


Рисунок 22.12 – Кути установки керованих коліс

Сходження коліс необхідно для того, щоб забезпечити їхнє паралельне кочення. Під час руху автомобіля через установку коліс з розвалом виникає зусилля, що сприяє розгортанню коліс на кут $0,5-1^\circ$ від

вертикальної площини автомобіля. При цьому колеса прагнуть котитися по дугах, що розходяться. Для усунення цього явища застосовують сходження коліс, при якому відстань між колесами попереду роблять трохи менше, ніж відстань Γ між колесами ззаду. В результаті сходження коліс вони котяться паралельно і строго в поздовжній площині автомобіля, що усуває бічне ковзання коліс по дорозі та зменшує зношування шин. Оскільки кут сходження коліс не перевищує 1° , тому на практиці сходження визначають як різницю відстаней і Γ , які вимірюють між ободами коліс або боковинами шин на висоті їх осей. Сходження коліс залежить від кута розвалу і становить 2–12 мм.

Поперечний нахил шкворня визначається кутом, що утворюється віссю шкворня з вертикальною площиною, паралельною поздовжній площині автомобіля, іншими словами, верхній кінець шворня нахилений до середини балки мосту. Такий нахил шворня спільно з кутом розвалу коліс зменшує відстань між точкою перетину геометричної осі шворня з дорогою і точкою центру контакту шини, тобто зменшується плече моменту, який необхідно прикласти при повороті коліс автомобіля, отже, полегшується керування автомобілем. Крім того, при повороті коліс навколо шворнів з поперечним нахилом передня частина автомобіля дещо піднімається і при виході його з повороту під дією сили тяжіння прагне опуститися, забезпечуючи повернення коліс у вихідне положення, як тільки зникне сила, яка утримує колеса в положенні повороту. Ці кути порівняно великі й у межах $6\text{--}10^\circ$.

Поздовжній нахил шворня визначається кутом γ , утвореним вертикальною площиною, перпендикулярною до поздовжньої осі автомобіля, і віссю шворня. При цьому вісь шворня перетинається з дорогою на відстані від центру контакту шини. Ця відстань є плечем бічної сили, що виникає при повороті, внаслідок чого створюється стабілізуючий момент, який прагне повернути колесо навколо шворня і повернути його у вихідне положення. Цим забезпечується краща стійкість та стабілізація керованих коліс при прямолінійному русі автомобіля. Кут поздовжнього нахилу шворня зазвичай знаходиться в

межах 25–35°. Однак стабілізація керованих коліс залежить також від еластичності шин. Чим еластичніші шини, тим більше їх деформація і момент, що прагне повернути колесо в нейтральне положення. Тому в автомобілів із шинами підвищеної еластичності поздовжній нахил шворня не перевищує 1°.

Контрольні запитання

1. Опишіть пристрій та роботу переднього ведучого мосту автомобіля.
2. Яким є загальний пристрій нерозрізного переднього керованого мосту?
3. Яким є загальний пристрій розрізного переднього керованого мосту?
4. Опишіть призначення та принцип дії керованого мосту.
5. Чому задні колеса автомобілів не мають сходження та розвалу?
6. Що таке розвал коліс та як він встановлюється?
7. Що таке сходження коліс і як воно встановлюється?
8. З якою метою виконується розвал та сходження коліс?
9. З якою метою роблять нахил шворня коліс?
10. Що таке плече обкатки?

Лабораторна робота 23

КОЛЕСА І ШИНИ АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – вивчити конструкцію і роботу коліс автомобілів, призначення шин автомобіля, відмінність між типами шин, монтаж і демонтаж шини.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати;
- електронний інформаційний матеріал;
- колеса в розрізі.

Завдання до роботи:

- користуючись макетами та плакатами, вивчити конструкцію автомобільного колеса, виділивши основні частини: штампований сталевий диск, обід, маточину, пневматичну шини;
- розглядаючи шини, класифікувати їх за заведеною в табл. 23.1 схемою класифікації. Звернути увагу на залежність вибору шини від призначення автомобіля, умов експлуатації.

Призначення коліс і шин

Колесами називаються пристрої, які здійснюють зв'язок автомобіля з дорогою. Колеса служать для підресорювання автомобіля, забезпечуючи його рух і зміну напрямку руху.

Колесо складається з пневматичної шини, обода, з'єднувача і маточини. Обід і з'єднувач утворюють металеве колесо, призначене для встановлення пневматичної шини і з'єднання її з маточиною.

Призначення шини – поглинати і пом'якшувати поштовхи і удари, сприйняті колесом від дороги, забезпечувати з нею достатнє зчеплення, знижувати рівень шуму, що виникає при русі автомобіля і зменшувати руйнівну дію автомобіля на дорогу.

Колеса передають зусилля і моменти, що діють між автомобілем і дорогою (поверхнею), забезпечуючи за рахунок зчеплення з нею його рух. За призначенням колеса поділяють на ведучі і керовані.

Установка керованих коліс визначається кутами поперечного та поздовжнього нахилу шворня, кутом розвалу коліс і величиною сходження коліс; схема установки передніх керованих коліс наведена на рис. 23.1.

Розвал коліс α – кут між вертикальною площиною і площиною колеса, нахиленого в зовнішній бік; зазвичай розвал α має величину до 2°. За рахунок розвалу компенсуються зазори в підшипниках, втулках

шворнів, прогин передньої осі; колесо при цьому займе фактично вертикальне положення.

Поперечний нахил шворня β – кут між поздовжньою вертикальною площиною і віссю шворня, верхня частина якої відхилена всередину; кут β зазвичай становить 6–10°. Поперечний нахил шворня покращує стабілізацію керованих коліс, особливо при невисоких швидкостях руху, оскільки при повороті коліс, які поперечно нахилені, відбувається невеликий підйом передньої частини автомобіля; маса піднятої частини автомобіля прагне повернути колесо в попередній стан.

Поздовжній нахил шворня γ – кут між поперечною вертикальною площиною, що проходить через осі коліс, і віссю шворня, верхня частина якого нахилена назад. Кут γ зазвичай становить 1–3,5°. Завдяки подовжньому нахилу шворня точка перетину його осі з дорогою знаходиться попереду точки дотику колеса з дорогою, тому при повороті автомобіля виникає стабілізуючий момент, який прагне повернути колесо в початкове положення, що полегшує керування автомобілем.

Сходження коліс обумовлено тим, що відстань між колесами правого і лівого борту попереду менше, ніж ззаду; сходження коліс є різницею ($A - B$) цих відстаней і становить зазвичай до 12 мм. Сходження коліс виключає бічне ковзання при коченні коліс.

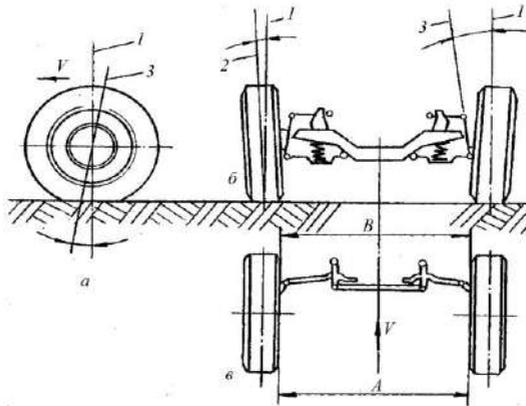


Рисунок 23.1 – Схема кутів установки передніх керованих коліс:

а – вид збоку; *б* – вид спереду; *в* – вид зверху; *1* – вертикаль; *2* – площина обертання колеса; *3* – вісь шворня; *а* – розвал коліс; *β* – поперечний нахил шворня; *γ* – поздовжній нахил шворня; *A* і *B* – параметри сходження коліс

Сходження правого і лівого коліс (рис. 23.2) повинно бути виставлено згідно з технічними вимогами до автомобіля.

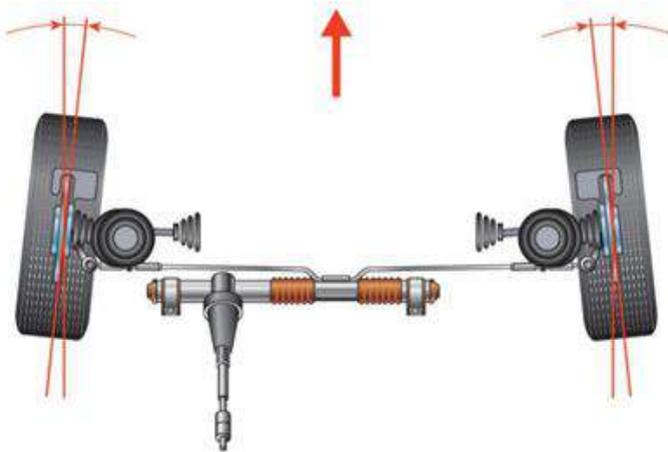


Рисунок 23.2 – Сходження правого і лівого коліс

Сходження коліс може бути позитивне і негативне (рис. 23.3).

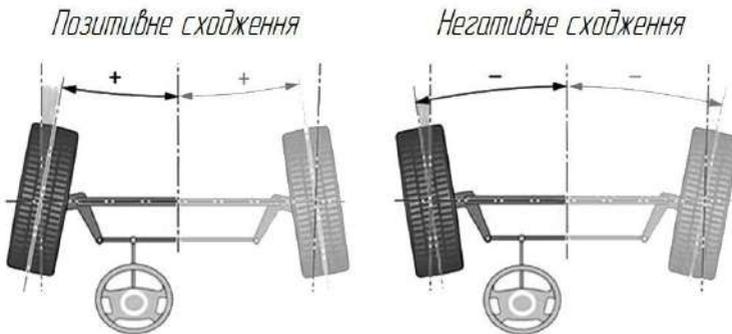


Рисунок 23.3 – Позитивне і негативне сходження коліс

Кут розвалу коліс також може бути позитивним і негативним. Схема визначення подана на рис. 23.4.

Позитивний кут розвалу

Негативний кут розвалу

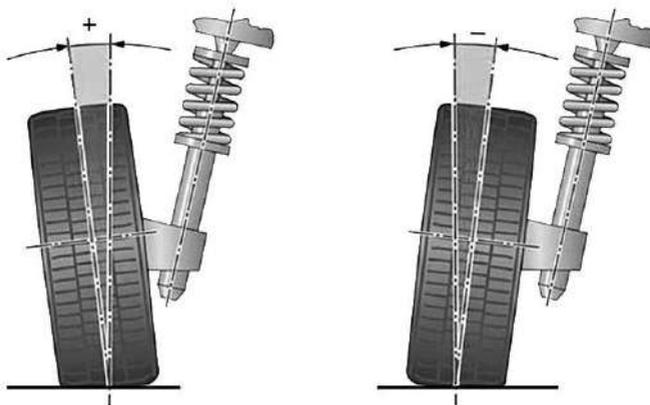


Рисунок 23.4 – Позитивний і негативний кут розвалу

Таблиця 23.1 – Класифікація шин автомобілів

Ознаки класифікації	Тип
За призначенням	Автомобільні
За конструкцією	Діагональні, погумована діагональна, радіальна, зі змінним протектором, з регульованим тиском, безкаркасні, безповітряні
За способом герметизації	Камерні, безкамерні,
За формою профілю	Звичайного профілю, широкопрофільна, низькопрофільна, абочна, пневмокаток
За габаритами	Великогабаритна, середньо- і малогабаритна

Будова камерної шини (кожен елемент, принципова схема) наведена на рис. 23.5. Герметизація безкамерної шини здійснюється

нанесенням на внутрішню поверхню ободу спеціального герметизуючого шару, що не допускає витік повітря.

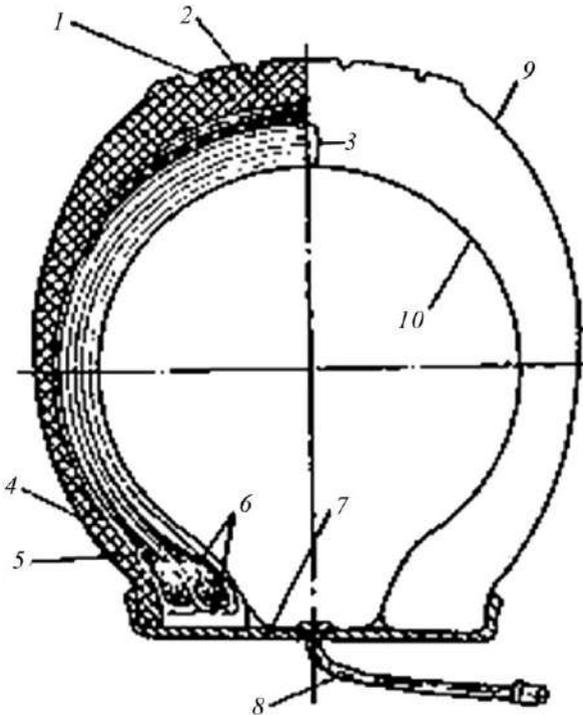


Рисунок 23.5 – Схема автомобільної шини:

- 1 – протектор; 2 – подушковий шар (брокер); 3 – каркас;
- 4 – боковина; 5 – борт; 6 – бортове кільце; 7 – ободна стрічка;
- 8 – вентиль; 9 – покриття; 10 – камера

Основні параметри шин визначають з їх позначення розшифровувати. Користуючись документацією (ДСТУ з шин), для заданого автомобіля підбираються шини, визначаються їх параметри.

Необхідно знати, що розмір пневматичної шини визначається величинами B і H , вони задаються в міліметрах або в дюймах (рис. 23.6). Розміри спеціальних типів шин позначаються у вигляді

сполучення $B \times D - d$. У позначення шини можуть входити також конструкції, профіль шини.

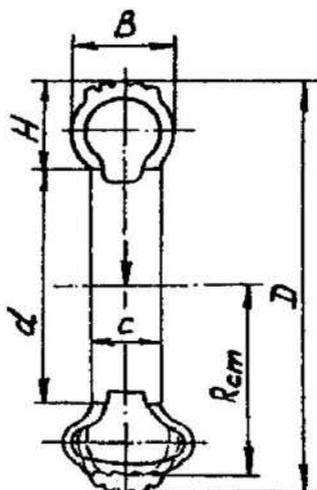


Рисунок 23.6 – Параметри пневматичної шини

Умови експлуатації шин визначають її оптимальний, спеціальний профіль: широкопрофільна, арочна, пневмокоток (рис. 23.7).

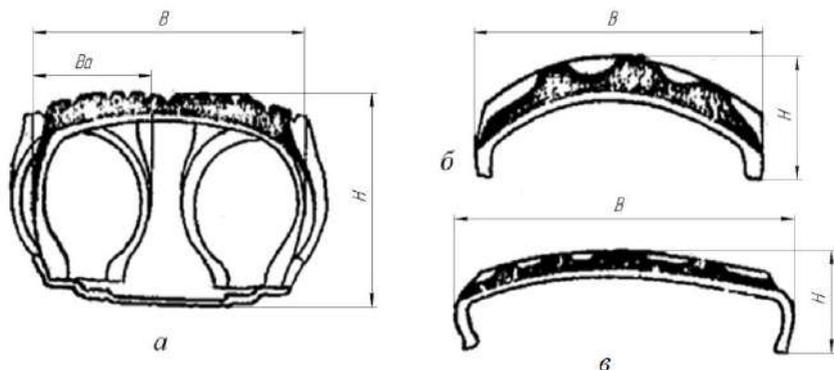


Рисунок 23.7 – Профілі шин:
 a – широкопрофільна; $б$ – арочна; $в$ – пневмокоток

За допомогою плакатів і макетів можливо розглянути кути встановлення передніх керованих коліс, звернувши увагу на зв'язок кожного з них з керованістю і стійкістю автомобіля. При виконанні роботи на макетах передніх ведучих мостів проводять регулювання розвалу і сходження коліс.

Розглянувши шини автомобілів, визначаємо особливості шин для ведучих і напрямних коліс автомобіля, шин сільськогосподарського призначення, шин вантажних автомобілів.

Монтаж і демонтаж автомобільного колеса

Монтаж і демонтаж сучасних коліс, як правило, проводиться на СТО, але в польових умовах проводиться за допомогою двох монтажних лопаток (монтувалок).

Демонтаж колеса вантажного автомобіля потрібно проводити у такій послідовності:

- випустити повітря з шини і вставивши пряму лопатку між бортовим кільцем і шиною, віджати борт шини вниз;
- в утворену щілину вставити пряму і вигнуту лопатки так, щоб кінець зігнутої лопатки упирася в бортове кільце на пряму лопатку;
- пересуваючи лопатки по колу, зняти борт шини з полки замкового кільця;
- вставити кінець прямої лопатки в проріз на замкове кільце і віджати кільце з канавки, а вигнутою лопаткою підняти кільце вгору;
- утримуючи кільце зігнутої лопатки, вставити кінець прямої лопатки під торець замкового кільця;
- притримуючи кільце рукою, вичавити прямою лопаткою замкове кільце з канавки ободу.

Для монтажу колеса потрібно:

- одягти шину на обід і вставити вентиль у вентильний паз;
- перевірити, щоб кромка замкового кільця знаходилася під бортом шини;

– якщо в деяких місцях кромка впирається в борт шини, необхідно заправити її під борт;

– накачати шину до тиску не більше 0,1 МПа і переконатися, що борт шини по всій довжині кола знаходиться на замку;

– одягти бортове кільце і вставити в канавку ободу протилежного від розрізу частини замкового кільця;

– натиснути ногами спочатку одну частину кільця, а потім іншу;

– накачати шину до нормального тиску, повернути на ковпачок і переконатися, що бортове кільце щільно зчеплене.

Шини камерні і безкамерні камерні шини

Камерна шина легкового автомобіля складається з покришки, камери з вентиляем, забезпеченим ковпачком або ковпачком-ключиком.

Камера являє собою кільцеподібну замкнуту гумову трубу (тор) з гумометалевим вентиляем. Вона виготовляється з еластичної гуми і служить тільки для утримання стисненого повітря.

Камери працюють у тяжких умовах, зазнаючи знакоперемінні деформації при високих температурах. Тому гума для камер повинна бути повітронепроникною, еластичною, стійкою до теплового старіння, не втрачати свої фізико-механічні властивості при різних температурах навколишнього повітря. Розмір камери повинен відповідати розміру покришки, з якою вона комплектується. Зараз камерні шини вже не використовуються на легкових автомобілях, та все рідше на вантажних.

Безкамерні шини

Безкамерна шина (рис. 23.8) на відміну від звичайної має герметизуючий шар товщиною 1,5...2,0 мм, який привулканізований до її поверхні. Він виготовлений із суміші натурального і синтетичного каучуку, що володіє зниженою газопровідністю.

На бортах шини передбачений ущільнюючий гумовий шар, що забезпечує необхідну герметичність у зоні посадки бортів на полицях обода колеса. Цьому сприяє і спеціальна конструкція бортів шин,

призначена для збільшення кута нахилу носка борту і підвищеного натягу бортів на посадочних полицях обода.

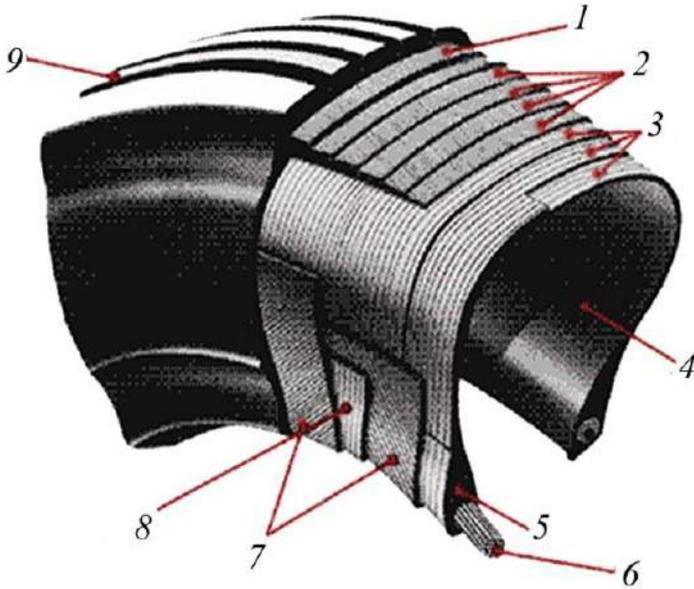


Рисунок 23.8 – Шина:

- 1 – бандаж; 2 – поясні шари сталюго корду;
- 3 – прокладки з текстильного корду; 4 – внутрішній шар; 5 – крилова стрічка,
- 6 – бортове кільце; 7 – бортові смуги; 8 – бортова захисна стрічка;
- 9 – протектор

Для безкамерних шин застосовуються вставні гумометалеві вентиляі, які встановлюються у вентиляні отвори ободу з тугою посадкою.

Основними перевагами безкамерних шин у порівнянні з камерними є:

- підвищена надійність через відсутність ймовірності швидкої розгерметизації, що покращує безпеку руху на високих швидкостях;
- менші маса і момент інерції;

– зменшення на 50...70 % простоїв автомобіля в шляху, оскільки дрібні проколи можна ремонтувати спеціальною пастою, не знімаючи шини з колеса;

– більший на 10...12 % пробіг, що досягається найкращим температурним режимом за рахунок посиленої теплопередачі з шини на обід і стійкості внутрішнього тиску повітря в шині, а також відсутність тертя між покриттям і камерою.

У той же час застосування безкамерних шин вимагає ретельного виконання монтажних-демонтажних робіт. Пошкодження бортових країв, особливо сталевих, може призвести до розгерметизації безкамерної шини. При пошкодженні шини її ремонт повинні займатися фахівці на призначеному для цього обладнанні.

При втраті тиску не можна рухатися на спущеному колесі, оскільки це призведе до руйнування герметичного шару.

Безпрокольні шини

Набирають популярність і так звані безпрокольні шини *Run Flat (Run on Flat)*. Застосовувана в них технологія за рахунок укріпленої бічної поверхні покриття дозволяє навіть на пробитому колесі подолати до 150 км на швидкості до 80 км/год. При цьому шина і диски не будуть деформуватися. Провідні автомобільні корпорації, як наприклад, *BMW* у модельному ряду *MINI*, намагаються навіть у базових комплектаціях оснащувати свої автомобілі безпрокольними шинами.

Технологія *ContiSeal* від концерну *Continental* передбачає нанесення в'язкої маси з внутрішнього боку колеса. Вона дозволяє пломбувати проколи від цвяхів, шурупів і інших колючих виробів. У результаті чого отвір від проколу відразу і без втрати тиску самозаклеюється. Таким чином, шина з технологією *ContiSeal* може самостійно заклеювати проколи в діаметрі до 5 мм без втрати тиску і автомобіль може впевнено продовжувати рух.

Шини в типорозмірі 235/45ZR17 від *Continental* є стандартною комплектацією автомобіля *VW Passat CC*. Крім того, *Volkswagen* також укомплектовується шинами з технологією *ContiSeal* моделі *Sharan* і *Eos*.

Безповітряні шини від Bridgestone

Компанія *Bridgestone* представила прототип безповітряної шини, тобто не вимагає накачування шини. Ця розробка ведеться з прицілом на серійне виробництво. Безповітряні шини повинні «встановити новий стандарт з точки зору безпеки, екологічності і комфорту». Також їх перевагою є можливість 100 % вторинної переробки (рис. 23.9) .

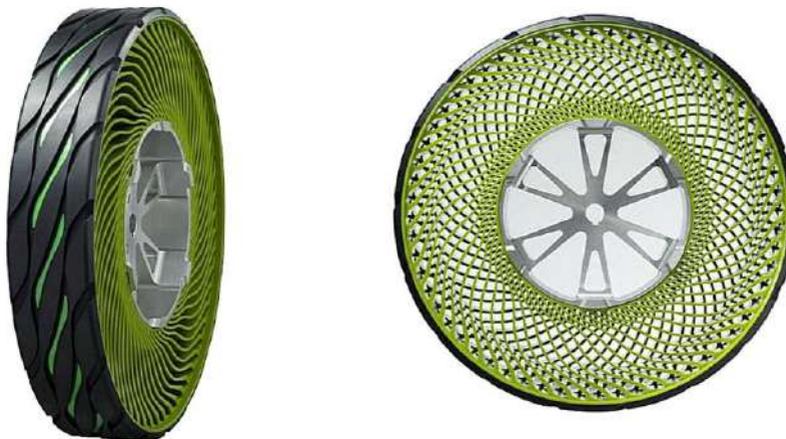


Рисунок 23.9 – Безповітряні шини від *Bridgestone*

Безповітряні шини на відміну від повітряних завжди мають однаковий профіль і висоту, оскільки у повітряних він змінний. Коли у повітряного колеса одне колесо накачане краще, а інше гірше – це причина перевитрати палива та втрати стійкості руху. У безповітряних шин такої проблеми немає. Безповітряні шини *Bridgestone* – це революційний крок в автомобілебудуванні.

Треба відзначити, що подібні колеса для легкових автомобілів – не новина. Як концепт безповітряної шини вже представила компанія *Michelin*, а *Resilient Technologies* і *Wisconsin-Madison's Polymer Engineering Center* навіть протестували свою розробку на армійському *HUMVEE*.

У такої гуми є свої мінуси – так, наприклад, при рівних параметрах вона важча, ніж звичайна.

Діагональні і радіальні шини

Діагональна шина має каркас з однієї або декількох пар шарів корду, розташованих так, що нитки сусідніх шарів перехрещуються. А в радіальній шині корд каркаса натягнутий від одного борта до іншого без перехрестя ниток; тонка м'яка оболонка каркаса по зовнішній поверхні обтягнута потужним гнучким брекером – поясом з високоміцного нерозтяжного корду, сталевого або текстильного. Радіальна шина завжди маркується літерою *R* у розмірному напису на боковині. Крім того, на її боковині є великий додатковий напис *Radial*, до якого іноді додають *Steel Belted* («накинув на себе сталлю») або просто *Belted* (рис. 23.10)

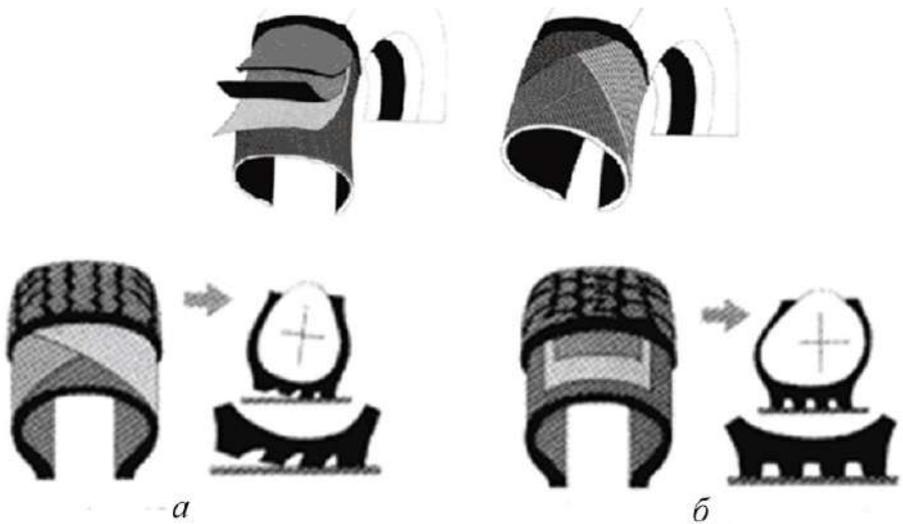


Рисунок 23.10 – Різновиди шин:
а – радіальна шина; *б* – діагональна шина

У радіальної шини (рис. 23.11) вища стійкість до зношування, вона довговічніша. Пробіг кращих моделей діагональних шин становить

20–40 тис. км, а пробіг самих звичайних, неелітних моделей радіальних – 60–80 тис. км. У радіальній шині менше опір коченню, що дає відчутну економію палива.

Радіальна шина забезпечує кращу керованість і бічну стійкість автомобіля: вона на відміну від діагональної в поворотах і при бічному ковзанні не підминається на бік – відрив протектора від дороги не відбувається.

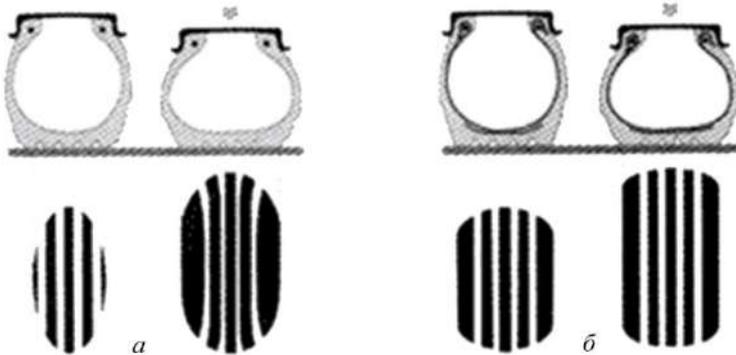


Рисунок 23.11 – Площа (пляма) контакту колеса з дорогою:
a – діагональна шина; *б* – радіальна шина

Радіальна шина забезпечує краще зчеплення з дорогою за рахунок більшої за площею і більш стабільної плями контакту (рис. 23.11). При навантаженні і коливаннях під час руху жорсткий брекер не дає протектору радіальній шині деформуватися; виступи протектора не мнуться і не прослизують.

Низькопрофільні шини

На сьогодні широко використовуються низькопрофільні шини, які спеціально розроблені для швидкісного руху. Такі шини мають додаткову ширину, за рахунок чого збільшується площа контакту колеса з дорогою.

Для таких шин співвідношення величини висоти профілю до його ширини не перевищує бар'єр у 55 % (наприклад, 195/55, 205/50, 225/45 і ін.). Це забезпечує хорошу стійкість автомобіля, додаткове зчеплення з

дорожнім полотном, скорочує гальмівний шлях, забезпечує правильне входження в поворот та ін.

До мінусів таких шин можна віднести підвищений шум, жорсткість і ймовірність ковзання на мокрій дорозі. Крім цього, для їзди на низькопрофільних шинах краще підходять рівні дороги без вибоїн, оскільки попадання в яму загрожує пошкодженням диска.

Колісні диски та їх типи

Колісні диски є досить важливою частиною автомобіля. Важливо не тільки естетичне значення, але і надійність, оскільки колісний диск виконує важливу функцію. Колесо через шину приймає на себе всі нерівності дороги.

За технологією виготовлення диски бувають:

- сталеві;
- легкосплавні (литі або ковані).

За конструкцією диски поділяють:

- на нерозбірні;
- на розбірні.

Найбільше поширені зараз сталеві диски, вони складаються з обода і диска, привареного до нього, виготовлених із сталевих листів. Більшість автомобілів на заводах комплектується сталевими дисками. Серед переваг сталевих дисків – невисока ціна і можливість відновлення після пошкоджень. А недоліки пов'язані з невисокою корозостійкістю, великою вагою.

Легкосплавні диски виготовляють із сплавів, в основі яких лежить алюміній і магній (шляхом кування або лиття). У порівнянні зі сталевими легкосплавні диски на 10 – 50 % легші. Основна перевага цих коліс – легкість сплавів, які використовуються при їх виготовленні. Під час руху по рівних дорогах на кузов впливають найменші ударні навантаження, що покращує експлуатаційну властивість транспортного засобу – плавність ходу. Умови роботи підвіски поліпшуються: деформуючі і пружні елементи приймають менше навантаження і це збільшує термін їх служби. Якщо колеса полегшені, то вони швидше відновлюють контакт при наїзді на перешкоду з поверхнею дороги. Це підвищує фізичну

керованість автомобіля і його стійкість на великих швидкостях. Зменшення маси колеса також позитивно позначається на динаміці руху і в результаті приводить до збільшення терміну служби двигуна і зменшення витрати палива. Крім цього, диски, зроблені з алюмінієвих сплавів, створюють гарне охолодження гальмівних механізмів і маточини завдяки високій теплопровідності матеріалу.

Здатність алюмінію на поверхні утворювати міцну плівку захищає надійно конструкційний сплав від зруйнування і виникнення корозії. А завдяки високій точності в легкосплавних дисках, можливо краще зробити балансування колеса.

Маса диска і колеса в цілому впливає на швидкість розгону і зупинки автомобіля. Важке колесо більш схильне до інерції, а це означає, що чим важче колесо, тим більше потрібно зусиль як для початку руху і розгону, так і для гальмування. Рушати, прискорюватися і гальмувати тим краще, чим легше колеса, якщо не враховувати розмір колеса і зчеплення з поверхнею дороги. Але у литих дисках є також свої недоліки, один з яких зерниста внутрішня структура металу, при тривалій їзді по вибоїнах у металі накопичуються невидимі, а значить, небезпечні мікротріщини, у результаті чого при сильному ударі диск може розколотися. До недоліків литих дисків належать крихкість і швидка втрата товарного вигляду при відсутності захисту поверхні, складність та дороговизна відновлення.

Метал кованого диска, на відміну від литого, має багатшарову структуру і як результат – досить міцний. Такий диск витримає сильні удари, і навіть у крайньому випадку він гнеться, а не лопається, на відміну від литого диска. До переваг кованого диска віднесемо високу міцність конструкції, легкість і високу корозійну стійкість.

Чому так погана велика вага диска? Для відповіді на це запитання заглибимося трохи у фізику. Автомобільний диск – це своєрідний маховик, закріплений на маточині, чим вища маса маховика, тим більше енергії витрачається на те, щоб його розкрутити. Відповідно нам потрібно затратити більше палива для вироблення обертового зусилля. Але саме критичне – це зупинити диск, коли він обертається і на досить

пристойних оборотах. Уявіть, яке навантаження припадає на гальмівну систему. Але при всьому цьому сталевий диск не такий поганий, якщо ви потрапили в яму і пом'яли диск, це легко виправити. Сталевий диск легко прокатати в спеціалізованих майстернях, і він буде як новий.

Легкосплавні диски мають меншу вагу, відповідно при їзді на таких дисках знижується витрата палива. Такі диски поділяють на литі і ковани. Литі диски виготовляються методом лиття під тиском, таким диском легко надати найрізноманітніші дизайнерські втілення. З переваг варто відзначити, що в основі сплаву застосовується в основному алюміній – дуже легкий і корозійно стійкий метал. Литі диски так само мають досить невисоку ціну. Велику частку ринку займають саме литі диски, оскільки вони мають невисоку ціну і великий вибір дизайнерських рішень.

Але литі диски мають свій головний недолік, вони не деформуються як сталеві, а тріскаються. Алюміній за своєю природою дуже м'який і пластичний метал, у чистому вигляді він непридатний для виготовлення дисків. Для того щоб йому додати міцність в нього додають легувальні домішки у вигляді магнію, але на шкоду пластичності. Отже, литі диски легші і привабливі в порівнянні з штампованими, але не найбільш практичні. Якщо ви пошкодили литий диск, і він тріснув, ремонту він вже не підлягає, тільки заміні.

Ковані легкосплавні диски найлегші, міцні і дорогі на сьогоднішній день. Дорожнеча таких дисків обумовлена тим, що для їх виробництва потрібно багато важких технологічних процесів. Міцність таких дисків перевищує за характеристиками сталеві. Ковані диски тримають сильні удари, їх практично неможливо деформувати, швидше вийде з ладу підвіска автомобіля. Висока міцність таких дисків обумовлена тим, що вони мають шарувату структуру металу. З недоліків, крім високої ціни, варто відзначити невисоке різноманіття дизайну, оскільки для додавання зовнішнього вигляду використовується механічна обробка.

Ковані диски (рис. 23.12) більше підходять для спортивної їзди, зважаючи на свою дорожнечу такі диски можуть дозволити собі не багато, але через свої унікальні властивості такі диски коштують своїх

грошей, можна сказати, здобуваєш раз і на завжди. З типом диска ми визначилися, але що означають ці цифри і букви в маркуванні диска. Кожен виробник автомобілів наполегливо рекомендує певний тип розміру диска, ці дані ви можете отримати в сервісній книжці або на наклейці в отворі водійських дверей поряд з інформацією про розмір і тиск у шинах. Недотримання цих вимог може вплинути на ходові якості автомобіля або на швидкий знос підвіски.

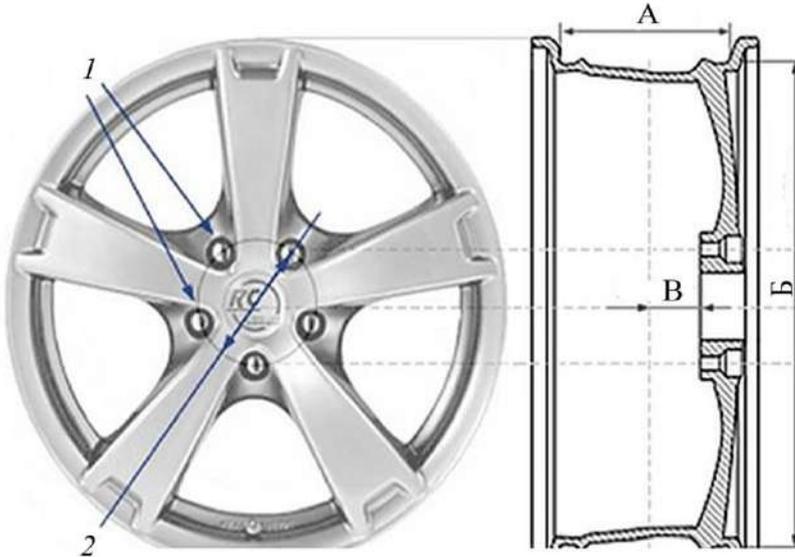


Рисунок 23.12 – Схематичне зображення легкосплавного диска:
 1 – отвори для кріплення; 2 – діаметр розташування отворів (PCD);
 А – ширина; Б – діаметр; В – винесення

Розглянемо на прикладі автомобіля *Kia Rio*. Виробник рекомендує для установки диска *6J15 PCD4-100 et48 DIA 54,1*. Розшифровка напису:

6J15. Цифра 6 означає, що ширина обода дорівнює шести дюймам. *J* – вказує, що розмір визначено в дюймах, 15 – це діаметр обода в дюймах;

PCD 4-100. Ці цифри вказують, що на диску 4 отвори під болти кріплення і міжболтова відстань 100 міліметрів;

Et-48. Найважливіший параметр вказує «виліт» диска (рис. 23.13). Не дотримання цього параметра може надалі спричинити за собою багато проблем.

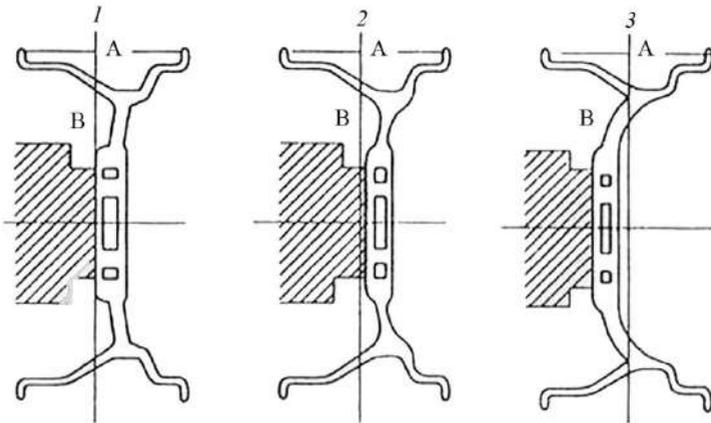


Рисунок 23.13 – Виліт колісних дисків

(*A* – ширина диска, *B* – осьова лінія):

1 – нульовий виліт; *2* – позитивний виліт; *3* – від’ємний виліт

Виліт більше рекомендованого (позитивний виліт) робить колісну базу ширшою, збільшуючи тим самим навантаження на підвіску через зсув центра ваги колеса. Так само при збільшенні (позитивного) вильоту колеса можуть зачіпати за арки крил. Виліт менш рекомендованого (від’ємний) зміщує колеса всередину, зменшуючи тим самим стійкість автомобіля. Так само при збільшеному вильоту колісний диск може чіпляти супорт.

DIA 54,1 – це посадковий діаметр диска, якщо це значення менше зазначеного виробником, диск просто не стане на маточину. Якщо більший – такий диск можна встановити, але потрібні проставочні кільця. Навіть при застосуванні проставочного кільця може спостерігатися дисбаланс колеса.

Застосовуючи тільки рекомендовані виробником розміри дисків, продовжується термін служби підвіски автомобіля і не порушується стійкість на дорозі.

Маркування шини наведено на рис. 23.14.

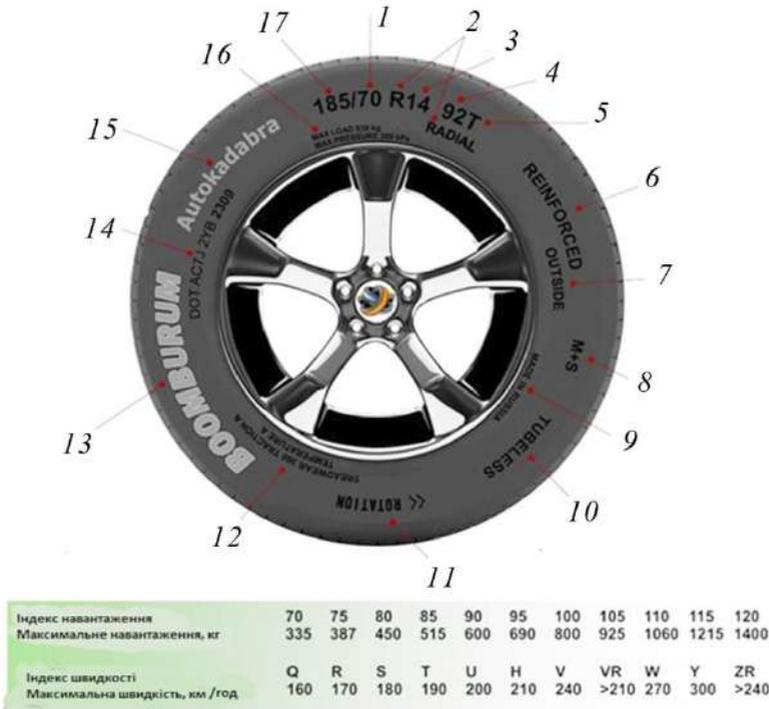


Рисунок 23.14 – Маркування шини

1 – висота профілю, % від ширини; 2 – конструкція шини – радіальна;
 3 – діаметр диска (дюйми); 4 – індекс навантаження; 5 – індекс швидкості; 6 –
 посилена; 7 – зовнішній бік (для асиметричних); 8 – тип дорожнього покриття
 (*Mud* – бруд, *Snow* – сніг), 9 – країна виробника;
 10 – безкамерна (або тип камери); 11 – напрям обертання; 12 – *Treadwear* –
 зносостійкість, *Traction A, B, C* – зчеплення з мокрою дорогою,
Temperature A, B, C – стійкість до нагріву (*A* – добре, *B* – середнє,
C – погано), 13 – виробник; 14 – маркування дати випуску; 15 – модель;
 16 – максимальне навантаження і тиск; 17 – ширина, мм

Позначення шин (маркування) (рис. 23.14) вклучас:

1 – Торгова марка шини – характеризує перш за все рисунок протектора, але не тільки його – в ній відображені також особисті

конструктивно-технологічні особливості, що відрізняють шину від інших. Кожна фірма користується своєю системою кодів, тому однакові букви і цифри в модельних індексах у різних виробників можуть означати далеко не одне і теж. Для точного визначення, що саме означає та чи інша торгова марка, необхідно користуватися фірмовими каталогами.

2 – Позначення максимального навантаження. Деякі фірми його розшифровують – пишуть дрібним шрифтом *MAX LOAD* (максимальне навантаження) і далі вказують навантаження в кілограмах і англійських фунтах (приклад *MAX LOAD 515kg (1135lbs)*, 1lbs = 0,4536 кг). Поширена помилка – деякі водії вважають достатнім помножити *MAX LOAD* на 4 (тобто на кількість коліс машини), щоб отримати граничну масу автомобіля, для якого підходять шини з цим навантаженням. Це не правильно. По-перше, одержана таким чином маса виявляється сильно завищеною. Шини не повинні працювати під граничним ваговим навантаженням. Тому від максимальної маси потрібно відняти 20 % від її величини – у легковій машині, або 30 % - у позашляховику. По-друге, якщо і відняти потрібні відсотки, то не означає, що і ця маса буде допустимою. Справа в тому, що *MAX LOAD* – це граничне навантаження для шини взагалі, без прив'язки до особливостей конструкції конкретного автомобіля. Є автомобілі, які вимагають «недовантажених» шин, а то і шин різної вантажопідйомності (11) на різних осях – це пояснюється особливостями розподілу ваги, керованості та інше. Необхідно керуватися даними паспорта машини.

3 – Відмітка, що вимагається згідно з нормативними документами про інформування споживачів (рівень якості); *TREAD WEAR INDEX (TWI)* – індекс зносостійкості, *TRACTION INDEX* – індекс зчпних якостей; *TEMPERATURE INDEX* – температурний індекс.

4 – Максимально допустимий тиск повітря в шині, вказується в кілопаскалях і фунтах на квадратний дюйм (приклад 3.0 kps (44psi), 1psi = 0,0069 МПа для шини в «холодному» стані).

5 – Виробник – назва фірми розробника і виробника шин.

6 – Умовне позначення «*DOT*» (міністерство транспорту), яке вказує на відповідність вимогам нормативних документів, що стосуються шин.

7 – Букви «*M + S*» (*Mud + Snow* = бруд + сніг) вказують на те, що шина розрахована на експлуатацію в зимових умовах або може використовуватися при наявності бруду і снігу. *WINTER* (зима) – зимові шини, *AQUATRED* або *AQUA CONTACT* – дощові шини, *AS* (*All Seasons* = всесезонні) або *AW* (*Any Weather* = будь-яка погода) – Всесезонні шини, придатні до використання на твердих дорогах у будь-яку пору року на будь-якому, в тому числі мокрому і слизькому, покритті. Останнім часом багато фірм замість цих написів ставлять рисунок на боковинах шин рельєфні піктограми – сонце, сніжинку, дощик – ілюструють усі сезони.

8 – Позначення розміру шини (наприклад 195 / 60R14) інформує:

– про ширину її профілю (195). Ширина профілю шини є вираженою в міліметрах лінійною відстанню між зовнішніми сторонами боковин накачаної шини без урахування піднесень через наявність маркування, обробки або захисних поясів, або ободів;

– про ставлення висоти профілю до його ширини (60), виражене в процентах. Висота профілю являє собою половину різниці загального діаметра і номінального діаметра обода. У процесі розвитку конструкцій шин їх форма змінювалася від майже кругової до більш широких типів з більш плоскою поверхнею. При цьому відношення висоти профілю до його ширини змінювалося від 100 % до 70 %, 60 %, 50 % і до ще менших значень (рис. 23.15).

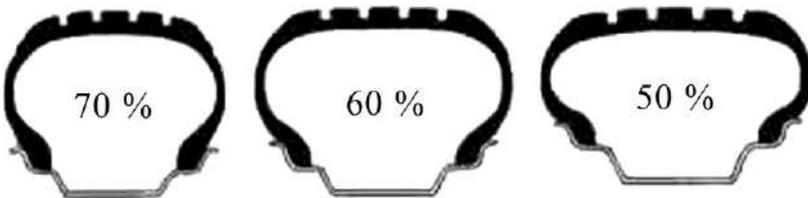


Рисунок 23.15 – Вигляд шини з різною висотою профілю

Відношення (H / B , де H – висота, B – ширина) прийнято називати серією шини. Серія – виключно важливий параметр, від нього багато в чому залежать їздові якості шин. Деякі фірми (в основному американські) ставлять перед позначенням розміру букви *P* (*Passenger*), підкреслюючи

тим самим, що дана шина призначена для легкових автомобілів (наприклад P195 / 60R14), LT (*Light Truck*) – шина для легкої вантажівки; 3 – буква R означає радіальну «*RADIAL*» конструкцію шини і монтажний діаметр обода. Діаметр обода вимірюється як у дюймах, так і у міліметрах. При перекладі слід вважати 1 дюйм = 25,4 мм. Відповідно до європейської інструкції *ECE-R 30* за значенням розміру шин для легкових автомобілів йде позначення експлуатаційних характеристик, що складається з коефіцієнта навантаження і умовного позначення швидкості.

9 – Індекс вантажопідйомності (коефіцієнт навантаження) позначає граничне вагове навантаження, яке здатна витримати шина. Проставлене на шині двозначне число математично ніяк не прив'язано до конкретних кілограм. Це просто умовний індекс: (перша цифра) – коефіцієнт навантаження (КН) і (друга цифра) – фактичними значеннями навантаження у кг.

10 – Категорія швидкості – умовне позначення швидкості, яке показує максимальну розрахункову швидкість шини. На рис. 23.14 вказується еквівалентна максимальна швидкість у км/год. У старому позначенні шин умовне позначення швидкості поміщалося всередині позначення розміру на боковині (наприклад 155SR13).

Шини, які мають маркування «*VR*», сконструйовані для швидкостей, що перевищують 210 км/год. Шини, які мають маркування «*ZR*», сконструйовані для швидкостей, що перевищують 240 км/год. Шини маркуються «*V*» спільно з індексом вантажопідйомності, наприклад 91V, призначені для швидкостей, що перевищують 210 км/год до 240 км/год. (Цей індекс вантажопідйомності вказано для швидкості 210 км/год. Навантаження повинно бути зменшене на 3 % для кожного збільшення швидкості на 10 км/год до 240 км/год). Шини марковані «*W*» спільно з індексом вантажопідйомності, наприклад 100W призначені для швидкості, що перевищують 240 км/год до 270 км/год. (Цей індекс вантажопід'ємності вказано для швидкості 240 км/год. Навантаження

повинно бути зменшено на 5 % для кожного збільшення швидкості на 10 км/год до 270 км/год). Шини марковані індексом швидкості «W» можуть мати додаткове маркування «ZR». Шини марковані «Y» спільно з індексом вантажопідйомності, наприклад 95Y, призначені для швидкостей, що перевищують 270 км/год до 300 км/год. (Цей індекс вантажопідйомності вказано для швидкості 270 км/год. Навантаження повинно бути зменшено на 5 % для кожного збільшення швидкості на 10 км/год до 300 км/год). Швидкісна категорія, що присвоюється шині за результатами спеціальних стендових випробувань, має на увазі максимальну швидкість, яку витримує шина. Тобто ту швидкість, при найменшому перевищенні якої ніхто не може гарантувати, що шина не почне розвалюватися. А для експлуатації встановлюється «заощадний» режим – автомобіль повинен їздити зі швидкістю на 10–15 % меншою, ніж та, яку «допускають» шини.

11 – Відомості про конструкцію шини. Особливості конструкції фіксуються на бортах з відповідними написами про число шарів брекера і каркаса, а також про матеріал корду. Наприклад написи *TREAD PLIES: 2 POLYESTER CORD + 2 STEEL CORD + 1 NYLON CORD* означають, що брекер шини складається з 2 шарів поліестеру + 2 шарів металокорду + 1 шару нейлонового корду, напис *SIDEWALL* означає, зі скількох шарів складається каркас (зокрема, боковини), може зустрічатися також *RAYON* – відсутній корд.

12 – Додаткові відомості, наявні на шинах:

– *Tread wear indicator (TWI)* (індикатор зносу протектора) – знак на боковині шини – показує розташування відміток залишкової висоти рисунка в канавках протектора. Знак наносять по боковині у самого краю протектора рівномірно в шести місцях по колу з кожного боку шини. Мітка може являти собою або згадану вище аббревіатуру – *TWI*, або *TWI* зі стрілкою, або просто стрілку без букв (рис. 23.16).

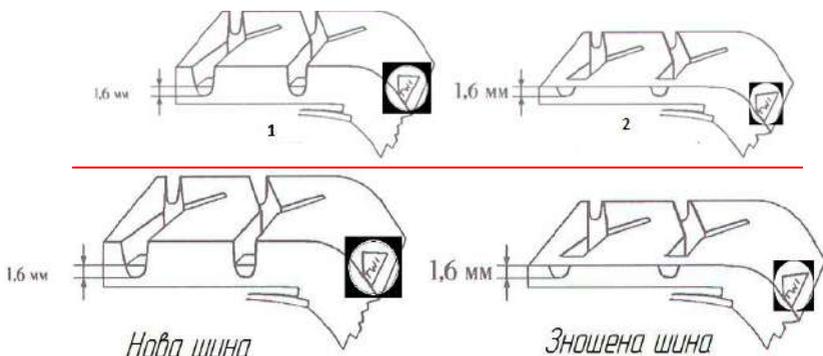


Рисунок 23.16 – Відмітки залишкової висоти в канавках протектора

Однак знак *TWI* – це лише показчик місця знаходження самого індикатора зносу. Сам індикатор зносу протектора треба шукати на дні найближчої до мітки канавки протектора (якщо є стрілка, вона саме цю канавку і вказує). Там, можна виявити гумовий виступ, його висота 1,6 мм від дна канавки – це і є *TWI*. Він показує гранично допустимий ступінь зносу шини. Коли протектор зітреться до цього виступу, гуму потрібно обов’язково міняти. Коли залишкова висота рисунка протектора шини наближається до встановленого мінімального значення, величина гальмівного шляху автомобіля при русі по мокрій дорозі зростає. Плівка води між шиною і дорогою може викликати втрату контакту з поверхнею дороги навіть на порівняно невеликих швидкостях і призводити до втрати керування (аквапланування). Важливо здійснювати заміну шин до досягнення позначки залишкової висоти рисунка протектора. У всіх країнах, що належать до Європейського союзу (ЄС), і в Україні залишкова висота рисунка протектора шин для легкових автомобілів повинна дорівнювати не менше 1,6 мм.

Дата виготовлення шини показана 3-ма цифрами в овалі на одному з боків, причому перші дві позначають тиждень виготовлення, рік виготовлення (наприклад 2425) – 24-й тиждень 2025 року.

Слово *TUBELESS* (безкамерна) – вказує на те, що шини слід використовувати без камери. Роль герметика, який стримує повітря в шині, виконує спеціальний тонкий шар гуми, нанесений зсередини на

каркас. Належне прилягання шини до полиць обода досягається за рахунок щільного натягу, а також завдяки особливим конструктивним елементам колісного диска (Хампі). Накачують безкамерну шину через спеціальний прогумований вентиль, забезпечений ущільнюючою «п'ятою», який герметично вставляється в отвір обода.

TUBE TYPE – позначення для камерних шин або ТТ (на німецькому *Mit schlauch*).

PR (Ply rating) – міцність (несуча здатність) каркаса умовно оцінюється так званою нормою нашарування (короткий опис конструкції каркаса). Для легкових автомобілів використовують шини з нормою шаровості *4PR* і іноді *6PR*, причому в цьому випадку останні мають напис *Reinforced* (посилена) шина підвищеної вантажопідйомності. Шини з маркуванням *6PR* і *8PR* (підвищеної кількості шарів) найбільш придатні для легких вантажівок і мікроавтобусів, тому часто після позначення посадочного діаметра (наприклад, 185R14C) на них ставиться буква «С» (*commercial*).

Типи рисунків протектора

Протектор поділяють:

- за типом рисунка бігової доріжки: на спрямовані, ненаправлені і асиметричні;
- щодо відповідності типу дорожнього покриття: на шосейні (дорожні), універсальні і підвищеної прохідності;
- за сезонністю використання: на літні, зимові та всесезонні.

Необхідність створення різних рисунків протектора шин виникла у зв'язку з неоднорідністю дорожнього покриття (асфальт, бетон, ґрунтові дороги та ін.) і впливом погодних умов (дощ, сніг, лід). Розміри і конфігурація шашок протектора, ширина і глибина канавок визначають пристосованість шини до різних дорожніх умов і здатність самоочищення шини.

Класифікація шин за типом бігової доріжки

Симетричний ненаправлений (рис. 23.17) – найбільш поширений рисунок протектора, який відрізняється низьким рівнем шуму і добрими характеристиками комфорту.



Рисунок 23.17 – Симетричний ненаправлений рисунок

Шини з таким рисунком протектора зазвичай мають досить м'яку боковину, зручні в керуванні, не мають яскраво виражених спортивних характеристик і більшою мірою призначені для розміреної їзди (хоча часом мають досить високі швидкісні індекси). Основна увага приділяється зручності керування і комфорту. Симетричні ненаправлені шини належать до бюджетного класу. Вони йдуть у заводській комплектації багатьох автомобілів (за винятком спортивних автомобілів і дорогих престижних). При монтажі на диск такі шини встановлюються як завгодно (будь-яким боком), тому що вони не мають напрямку обертання.

Асиметричний ненаправлений (рис. 23.18). Шини з таким рисунком протектора мають внутрішній і зовнішній бік та встановлюються на диск відповідно до маркування *INNER* (внутрішня) і *OUTER* (зовнішня), які вказуються на боковині колеса. Асиметричний ненаправлений протектор дозволяє підтримувати стійкий контакт з дорожньою поверхнею при інтенсивних навантаженнях, особливо при різких поворотах і перебудуваннях.



Рисунок 23.18 – Асиметричний ненаправлений рисунок

Ці шини мають гарну поперечну стійкість. Досить часто вони зустрічаються в сегменті спортивних шин, для яких дуже важлива гарна керованість.

Симетричний направлений протектор (рис. 23.19). Стрілка і напис «*ROTATION*» на боковині вказують на напрям обертання, і встановлення таких шин на диск проводиться відповідно до цих вимог.



Рисунок 23.19 – Симетричний направлений рисунок протектора

Головна перевага симетричних спрямованих шин (як і асиметричних спрямованих) полягає в особливому опорі акваплануванню, що дуже важливо при їзді по мокрій дорозі. Широкі канавки протектора, що розходяться симетрично, сприяють ефективному відведенню води із зони контакту з дорожньою поверхнею. Найкращого ефекту можна досягти для задньопривідного автомобіля: передні колеса відводять воду з-під плями контакту, «висушуючи» дорожнє полотно для задніх коліс, яким стає легше передавати потужність двигуна на підготовлене дорожнє полотно. Крім того, на сухому асфальті симетричні направлені шини забезпечують чудову курсову і поперечну стійкість та володіють швидкими і чіткими реакціями. Дуже часто ці шини зустрічаються в сегменті високошвидкісних спортивних шин.

Асиметричний спрямований протектор (рис. 23.20). Шини з таким рисунком мають напрям обертання, який зазначено на боковині колеса стрілкою з написом «*ROTATION*». Встановлюються на диск відповідно

до стрілки. Асиметричний спрямований рисунок протектора зустрічається набагато рідше, ніж асиметричний ненаправлений. Крім того, бувають асиметричні шини, у яких, крім напрямку обертання ще вказується внутрішній (*INNER*) і зовнішній (*OUTER*) бік. Їх піділяють на ліві (маркування *L*) і праві (маркування *R*).



Рисунок 23.20 – Асиметричний направлений рисунок

Будь-які ненаправлені колеса (правильно забортовані на дисках) можна міняти місцями на автомобілі у будь-якій послідовності (з лівого боку на правий і навпаки). На відміну від них, спрямовані колеса можна міняти місцями лише по одному боку.

Акустичний комфорт залежить від конфігурації протектора. Зазвичай спрямовані шини відрізняються від ненаправлених дещо більшим рівнем шуму. До того ж рівень шуму залежить від розмірів протекторних блоків. Чим більший рисунок протектора, тим вищий рівень шуму, але краще характеристики самоочищення.

Класифікація шин щодо відповідності типу дорожнього покриття (в основному належить до позашиляхових шин)

H / T (H / P) – Highway Terrain (Highway Performance) – шосейні шини (рис. 23.21) (переклад: шосейна місцевість, шосейні виконання).



Рисунок 23.21 – Шосейна шина

Шини призначені в основному для руху по сухій або мокрій дорозі з твердим покриттям, характеризуються високими зчіпними властивостями на асфальті, низьким рівнем шуму, ефективно відводять вологу з плями контакту з дорожнім покриттям, але мають досить безпосередні характеристики самоочищення протектора. Позашляхові властивості слабкі. Використання таких шин взимку на льоду або на снігу неприпустимо, оскільки вони не володіють необхідними зчіпними властивостями, характерними для зимових або всесезонних шин.

A / T – All Terrain – універсальні шини (переклад: будь-яка місцевість) (рис. 23.22).

Шини призначені як для доріг з твердим покриттям, так і для бездоріжжя (для гравійних доріг, для бруду), поєднують у собі, з одного боку, невисокий рівень шуму і достатню керованість, з іншого боку – відмінні позашляхові властивості і комфорт. Рисунок протектора у таких шин, як правило, набагато агресивніший, ніж у шосейних; шашки



Рисунок 23.22 – Універсальна шина

протектора більші і відстань між ними більша (це сприяє кращому самоочищенню від бруду).

S / T – Sport Terrain – спортивна модифікація (рис. 23.23). За класифікацією посередині між *H / T* і *A / T*. Шини призначені для активного стилю водіння і можуть використовуватися як для пересування по асфальту (основне застосування), так і для пересіченої місцевості і не екстремального бездоріжжя. Рекомендуються для експлуатації в міських умовах з частковими поїздками за місто. Шини являють собою якийсь гібрид шосейної шини, у якій дрібний і неагресивний рисунок центральної частини протектора (відповідно з низьким рівнем шуму), і в той же час досить великі, розвинені плечові блоки, що допомагають при їзді по бездоріжжю.



Рисунок 23.23 – Спортивна шина

Типи шин за сезонним використанням

Необхідність поділу шин за сезонної використанням виникла внаслідок великої різниці температур у літню і зимову пори року. До того ж для забезпечення зчіпних властивостей шини на асфальті і на снігу (або на льоду) потрібні зовсім різні технологічні рішення. Занадто велика різниця зовнішніх температур призводить до того, що шина не може повною мірою відповідати висунутим до неї вимогам при використанні. Тому склад гумової суміші у літніх і зимових шин дуже сильно відрізняється.

Літні шини – призначені для експлуатації в літню пору року або при позитивних температурах навесні і восени. Залежно від моделі, можуть використовуватися або для доріг з твердим покриттям (в основному легкові), або у позашляхових умовах. У конструкції літніх шин застосовуються високоміцні матеріали корду, здатні переносити екстремальні температурні перевантаження, щоб захистити шину від перегріву і деформації каркаса. Крім того, літні шини зазвичай мають

більш високий швидкісний допуск. Це є найважливішою вимогою, оскільки влітку мається на увазі, як правило, більш високий швидкісний режим, а особливо в жарку погоду при тривалому русі на високій швидкості шини дуже сильно нагріваються. Гумова суміш використовується досить жорстка, для забезпечення найкращої керованості в її склад включені компоненти, які дозволяють зберігати зчіпні властивості шин навіть при дуже високій температурі і швидкості.

Зимові шини призначені для експлуатації при низьких температурах, забезпечують максимальне зчеплення з дорогою при русі по снігу і льоду. Вони також цілком придатні для асфальту (взимку), однак їх не рекомендується експлуатувати при температурі вище $+5^{\circ}$ – $+10^{\circ}$ °C (допускається використання навесні і восени в перехідний час, коли вдень плюсова температура, а вночі можливі заморозки і ожеледь). У зимових шинах використовується м'яка гумова суміш, яка не втрачає своєї еластичності і зчіпних властивостей навіть при дуже низьких температурах. До матеріалів корду вимоги не настільки жорсткі, як у літніх шин, оскільки швидкісний режим взимку, як правило, більш спокійний. Шашки протектора будь-яких зимових шин мають велику кількість ламелей, розташованих під різними кутами нахилу. Їх функція – забезпечення зчіпних властивостей на льоду і на снігу. Недоліком є деяке зниження керованості на твердому покритті, а також більш високий рівень шуму на асфальті.

Всесезонні шини – досить вузький сегмент моделей шин, придатних для експлуатації як у літній, так і в зимовий час. Здебільшого це моделі, спроектовані для м'якої зими з не настільки суттєвою різницею температур за сезонами. Створення всесезонних шин – це спроба поєднати несумісне, занадто різні вимоги висуваються до шин влітку і взимку (різниця зовнішніх температур в умовах низьких температур становить 60 – 80° °C), тому вони мають дуже посередні характеристики, як для літа, так і для зими. В силу технічних причин, неможливо створити гумову суміш, яка дозволить шинам однаково надійно вести себе цілий

рік і при цьому одночасно показувати достатні результати на асфальті, по бездоріжжю, на льоду і на снігу.

Контрольні запитання

1. Способи кріплення шини на колесі.
2. Конструкція камерної та безкамерної шин.
3. Вплив рисунка протектора на роботу шини.
4. Вибір шини для автомобіля загального призначення.
5. Вибір шини для автомобіля підвищеної прохідності.
6. Вибір шин напрямних і ведучих коліс.
7. Вибір шин для автомобілів різних класів.
8. Маркування шин автомобіля.
9. Установка передніх керованих коліс.
10. Регулювання кутів установки передніх керованих коліс.
11. Призначення коліс.
12. Конструкція коліс.
13. Особливості установки передніх керованих коліс.
14. Автомобільні шини, типаж.
15. Які особливості автомобільних шин?

Лабораторна робота 24

ХОДОВА СИСТЕМА АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити конструкції, принцип дії, роботи і обслуговування агрегатів ходової системи автомобілів; визначити жорсткість листової ресори, побудови характеристики.

Наочні посібники:

- презентації;
- альбоми та плакати з конструкції ходової системи автомобілів;
- вузли та деталі, макети ходової системи;
- відеоматеріали;
- стенд для визначення жорсткості ресори.

Завдання до роботи:

- класифікувати ходові системи автомобілів;
- розглянути типи пружних елементів підвіски автомобіля;
- за плакатами і макетами вивчити конструкцію підвісок вантажних автомобілів.

Основні положення

Ходова система автомобіля включає в себе підвіску, колеса і шини. Підвіска здійснює пружний зв'язок рами автомобіля з колесами, пом'якшуючи поштовхи і удари при наїзді на нерівності, забезпечуючи комфортні умови водію та пасажиром; підвіска перетворює дотичну силу тяги на ведучих колесах і передає зусилля на раму, забезпечує рух автомобіля, сприймає зусилля при гальмуванні автомобіля. Підвіска складається з трьох елементів: пружного, напрямного і демпфувального пристроїв.

Пружним пристроєм на раму передаються вертикальні сили, діючі з боку дороги, зменшуються динамічні навантаження, поліпшується плавність ходу.

Напрямний пристрій сприймає дії на колесо поздовжніх і бічних сил, їх моменти. Від направляючого пристрою залежить, як буде переміщатися колесо щодо рами.

Демпфувальний пристрій призначений для гасіння коливань кузова і коліс за рахунок перетворення енергії коливань у теплову, котра потім розсіюється. У підвісках легкових та вантажних автомобілів і автобусів

використовують додатковий пристрій – *стабілізатор поперечної стійкості* – для зменшення бокового крену і поперечних кутових коливань кузова автомобіля.

Конструкція підвіски автомобіля повинна забезпечувати необхідну плавність ходу, необхідний комфорт, стійкість і керованість автомобіля при русі в різних умовах. Тип ходової системи автомобіля визначається його призначенням.

Підвіска автомобіля здійснює пружній зв'язок рами або кузова з мостами і колесами, пом'якшує сприйняття ними ударів і поштовхів при їзді по нерівностях дороги. Пружні властивості підвіски досягаються при трансформаційних змінах пружного елемента. Робота підвіски заснована на перетворенні енергії удару при наїзді колеса на нерівність дороги в переміщення пружного елемента підвіски, в результаті чого сила удару, що передається на кузов, зменшується і плавність ходу автомобіля стає краще. За характером взаємодії коліс і кузова при русі автомобіля всі підвіски поділяють *на залежні і незалежні*.

Ходова система служить для забезпечення поступального руху автомобіля, підтримання його рами або кузова, забезпечення необхідних умов праці при русі по нерівностях. Конструктивно вона може мати три виконання: з двома задніми ведучими і двома передніми напрямними колесами, з чотирма ведучими колесами однакового діаметра. Ходова система автомобіля виконана пружною.

В автомобілі є кузов і є колеса. Виникає питання: як під'єднати колеса до кузова, щоб була можливість керувати автомобілем, передавати безперервно на ведучі колеса тягу від двигуна і в той же час комфортно долати всі нерівності доріг з різними покриттями і без покриттів? При цьому зв'язок коліс з кузовом повинен бути досить жорстким, щоб автомобіль при виконанні будь-яких маневрів не перекинувся. Відповідь проста – встановити колеса на проміжну ланку. Як ланку використовують підвіску.

Елементи підвіски повинні мати якомога меншу вагу і забезпечувати максимальну ізоляцію від дорожніх шумів. Крім цього, слід зазначити, що підвіска передає на кузов сили, які виникають при контакті колеса з дорогою, тому її проєктують таким чином, що вона має підвищену міцність і довговічність (див. рис. 24.1).

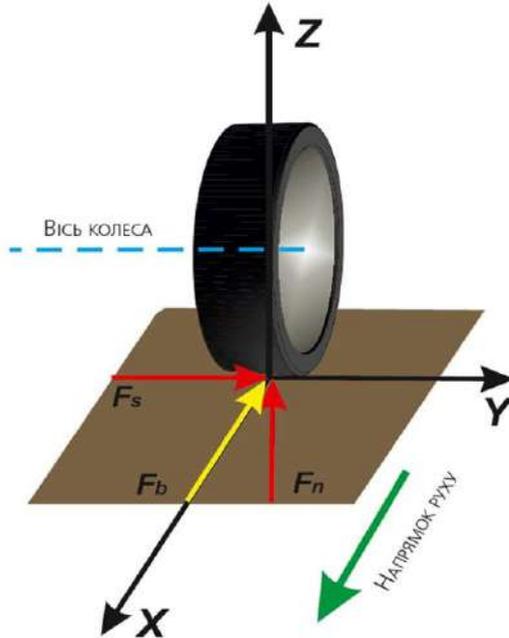


Рисунок 24.1 – Сили, що діють на колесо при його русі по дорозі

У зв'язку з високими вимогами, що висуваються до підвіски, кожен з її елементів має проектуватися за визначеними критеріями, а саме: застосовані шарніри повинні легко повертатися, але у той же час бути достатньо жорсткими і разом з тим забезпечувати шумоізоляцію кузова, важелі повинні передавати сили, що виникають при роботі підвіски у всіх напрямках, а також сприймати зусилля, які виникають при гальмуванні і наборі швидкості; при цьому вони не повинні бути занадто важкими або дорогими у виготовленні.

Складові частини підвіски

Будь-яка підвіска повинна включати в себе такі елементи:

- напрямні/зв'язуючі елементи (важелі, стійки);
- демфірувальні елементи (амортизатори);
- пружні елементи (пружини, ресори, пневматичні подушки, торсіони).

Класифікація підвісок

Розглянемо класифікацію існуючих типів підвісок, які застосовуються на сучасних автомобілях. Отже, підвіска може бути *залежною і незалежною*. При використанні залежної підвіски колеса однієї осі автомобіля пов'язані, тобто при переміщенні правого колеса почне змінювати своє положення і ліве колесо, як це наочно показано на рис. 24.2. Якщо ж підвіска незалежна, то кожне колесо підключено до автомобіля окремо.

Таким чином за характером взаємодії коліс і кузова при русі автомобіля все підвіски поділяють на залежні і незалежні.

Залежна підвіска (рис. 24.2, *а*) має жорсткий зв'язок між лівим і правим колесом, у результаті чого переміщення одного з них у поперечній площині передається іншому і викликає нахил кузова.

Незалежна підвіска (рис. 24.2, *б*) характеризується відсутністю жорсткого зв'язку між колесами одного мосту. Кожне колесо підвішене до кузова незалежно від іншого колеса. В результаті при наїзді одним колесом на нерівності дороги коливання його не передаються іншому колесу, зменшується нахил кузова і підвищується в цілому стійкість автомобіля при русі.

Підвіски також класифікують за кількістю і розташуванням важелів. Так, якщо в конструкції два важеля, то і підвіска називається двоважільна. Якщо важелів більше двох, то підвіска – багатоважільна. Якщо два важеля, наприклад, будуть розташовані поперек поздовжньої осі автомобіля, то в назві з'явиться додаток – «з поперечним розташуванням важелів». Однак конструкцій безліч, тому важелі можуть розташовуватися вздовж поздовжньої осі автомобіля, тоді в характеристиках напишуть: «з поздовжнім розташуванням важелів». А якщо під певним кутом до осі автомобіля, то підвіска з «косими важелями».

Не можна сказати, яка з підвісок краще або гірше, все залежить від призначення автомобіля. Якщо це вантажний автомобіль або позашляховик, то для простоти, жорсткості і надійності конструкції незамінною буде залежна підвіска. Якщо ж це легковий автомобіль, головними рисами якого є комфорт і керованість, то – підвішені окремо колеса.

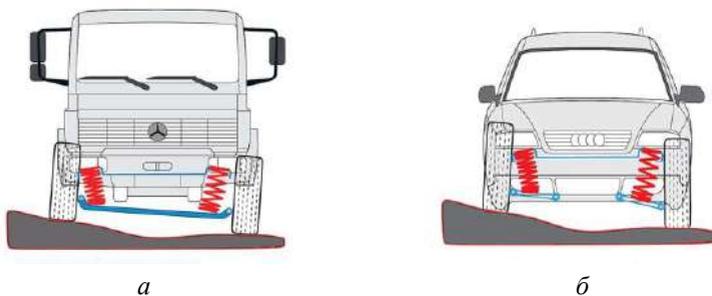


Рисунок 24.2 – Типи підвісок:
a – незалежна; *б* – залежна

Підвіски класифікуються за типом застосовуваного демпфівального елемента – амортизатора. Амортизатори можуть бути телескопічними як на всіх сучасних автомобілях, або важільними, які зараз застосовуються рідко.

І остання ознака, за якою підвіски відносять до різних класів, – це тип застосовуваного пружного елемента. Це може бути ресора, вита пружина, торсіон (являє собою стрижень, один кінець якого закріплений і ніяк не рухається на кузові, а другий кінець приєднаний до важеля підвіски), пневматичний елемент (заснований на здатності повітря стискатися) або гідропневматичний елемент (коли повітря виступає дуєтом з гідравлічною рідиною).

Підвіска автомобіля складається з таких пристроїв: пружного елемента, напрямного пристрою і поглинаючого елемента. Як упругий елемент у підвісках використовують металеві листові ресори, циліндричні пружини, торсіони (стрижні, що працюють на скручення).

Неметалеві пружні елементи забезпечують пружні властивості підвіски за рахунок пружності гуми, стисненого повітря або рідини. Вони мають значно менше поширення, ніж металеві. У деяких випадках у підвісках застосовують комбіновані пружні елементи, що складаються з металевих і неметалевих матеріалів.

Вимоги до конструкції підвісок

Основними вимогами, що висовуються до підвіски, є такі:

- пружна характеристика підвіски повинна забезпечувати високу плавність ходу і відсутність ударів в обмежувачі ходу, протидію крену при повороті, «кивкам» (диференту) при гальмуванні і разгонах автомобіля;
- кінематична схема повинна створити умови для можливої малої зміни колії і кутів установки коліс, відповідність кінематики коліс кінематиці рульового приводу, що виключає коливання керованих коліс навколо осі повороту;
- оптимальна величина загасання коливань кузова і коліс;
- надійна передача від коліс кузову або рамі поздовжніх і поперечних зусиль та моментів;
- мала маса елементів підвіски і особливо безпружинних частин;
- достатня міцність і довговічність деталей підвіски і особливо пружних елементів, що належать до найбільш навантажених частин підвіски.

На рис 24.3 зображено приклад пружинної, незалежної підвіски.

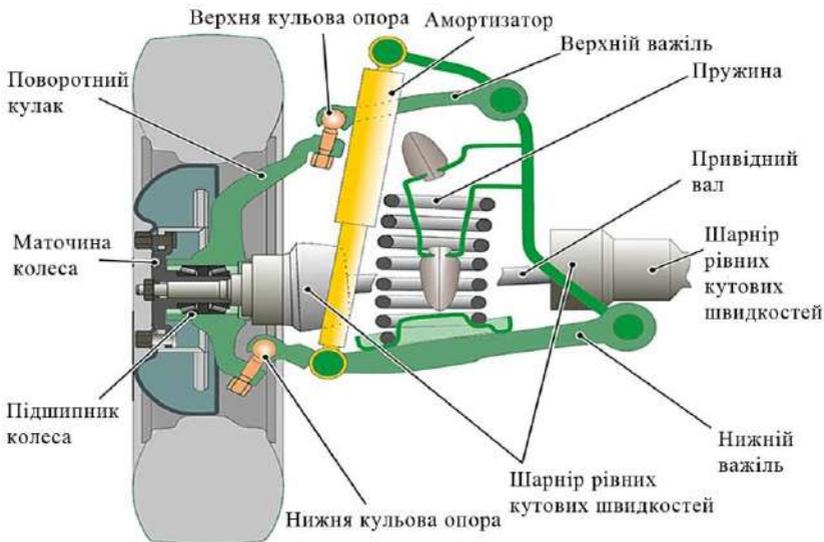


Рисунок 24.3 – Приклад пружинної підвіски на двох поперечних важелях

Підвіски також розрізняють і за керованістю, тобто за ступенем контрольованості стану підвіски: активні, напівактивні і пасивні.

До активних належать підвіски, в яких може регулюватися жорсткість амортизаторів, дорожній просвіт, жорсткість стабілізатора поперечної стійкості. Керування такою підвіскою може бути як повністю автоматичним, так і з можливістю ручного контролю.

Напівактивні – це підвіски, можливості керування якими обмежені коригуванням висоти дорожнього просвіту.

Пасивні (неактивні) – це звичайні підвіски, виконують свою роль у чистому вигляді.

У підвісках з електронно-керованими амортизаторами жорсткість змінюється залежно від дорожніх умов. Наповнені ці амортизатори не звичайною, а спеціальною рідиною, яка під впливом електричного поля може змінювати свою в'язкість. Якщо спрощено уявити принцип дії, то вийде такий: коли струму немає, автомобіль дуже м'яко проїжджає по всім нерівностям, а після підведення струму по нерівностях плавність ходу зменшується, зате підвищується стійкість керування автомобілем на швидкісних трасах і в поворотах.

Поворотний кулак і маточина колеса

Поворотний кулак

Поворотний кулак є сполучною ланкою між важелями підвіски і колесом. Схематичне зображення цієї деталі наведено на рис. 24.3. У загальному випадку таку деталь називають цапфою. Однак якщо цапфа встановлена на підвісці з керованими колесами, то вона називається поворотним кулаком. Якщо колеса некеровані, то залишається назва «цапфа».

Якщо кулак поворотний, він повертається, бере участь у процесі зміни напрямку руху. Саме до поворотного кулака кріпляться елементи рульової трапеції або кермовані тяги. Поворотний кулак – масивна деталь, оскільки сприймає всі удари і вібрації від дороги.

Конструкція поворотних кулаків залежить від типу приводу автомобіля. Так якщо комбінований привід (коли колеса керовані і тягові одночасно, що характерно для передньопривідних автомобілів), то поворотний кулак буде мати наскрізний отвір для зовнішньої частини

привідного вала, як показано на рис. 24.3. Якщо ж колеса тільки керовані, то поворотний кулак буде мати опорну вісь з конусним перерізом.

Маточина колеса

Маточина колеса (рис. 24.3) є сполучною ланкою між колесом і поворотним кулаком/цапфою. Поворотний кулак тільки передає зусилля на елементи підвіски, сам же не обертається. Для забезпечення вільного обертання колеса необхідна маточина. На маточину встановлюється гальмівний диск, до неї кріпиться колесо, а маточина, в свою чергу, встановлена в поворотний кулак у випадку, показаному на рис. 24.3, на підшипниках, що забезпечують плавне обертання колеса.

Гальмівний диск конструктивно може бути виконаний як одне ціле з маточиною колеса.

Залежно від конструкції підшипники маточини можуть бути роликовими або кульковими.

Усі підшипники встановлюються на маточину з визначеним натягом.

Натяг – це зусилля, з яким стиснули підшипники маточини при затягуванні гайки кріплення. Величина натягу впливає на силу опору обертання колеса. Кожен виробник дає свої рекомендації з приводу величини зусилля опору обертання колеса. Тому при виконанні ремонтних робіт, пов'язаних із зняттям маточини, необхідно виконувати регулювання натягу підшипника маточини колеса.

Напрямні (зв'язуючі) елементи

За допомогою напрямних і з'єднувальних елементів колесо кріпиться до кузова або підрамника. Ці елементи кріплення поділяють на важелі і штанги. Штанга – це порожнистий профіль, зазвичай круглого перерізу, рідше – квадратного. По суті, це просто трубка з привареними до обох кінців вушками для установки в них гумових втулок (сайлентблоки), за допомогою яких виконується кріплення до кузова і поворотного кулака або цапфи. Важелі – конструктивно більш складні елементи. Вони можуть бути зварені з трубок (така конструкція застосовується, в основному, в спортивних автомобілях), відлиті, наприклад, з алюмінієвого сплаву (щоб були легше) або відштамповані з листового металу (щоб були дешевші). Кількість і розташування важелів впливають на плавність ходу і керованість автомобіля.

Підвіска Макферсон

Мабуть, одна з найбільш поширених на сьогодні конструкцій підвісок – зі стійкою Мак-Ферсон (рис. 24.4), вона ж «свічка». Вона відрізняється простотою конструкції, дешевизною, ремонтпридатністю (це означає, ремонтувати її буде нескладно) і відносною комфортністю. Так звані амортизаторні стійки зверху кріпляться до кузова і мають можливість обертається в опорі, а знизу кріпляться до поворотного кулака. Поворотний кулак, у свою чергу, приєднаний до нижнього поперечного важеля підвіски, який з'єднаний з кузовом. Іноді для надання додаткової жорсткості в конструкцію вводять поздовжню тягу, під'єднуючи її до поперечного важеля. На стійці є плече, до якого кріпиться рульова тяга. Так, при керуванні автомобілем обертається вся стійка, повертаючи колесо, не припиняючи стискуватися і розтягуватися, долаючи нерівності дорожнього покриття. Але слід звернути увагу і на недоліки однаважільної підвіски. Це ривки автомобіля при гальмуванні і невелика енергоємність.



Рисунок 24.4 – Підвіска зі стійкою Макферсон

Підвіска типу *McPherson* складається з одного нижнього і одного верхнього важелів.

Основною перевагою такого типу підвіски є її простота, тому її ремонт і обслуговування набагато простіше, ніж у багатоважельних. Підвіска *McPherson* займає набагато менше місця, а крім цього, вона одночасно працює і як направляючий, і як пружний елемент. Така конструкція набагато надійніша, адже основне навантаження лягає на верхню опору стійки.

Недоліком цієї конструкції є занадто велике зусилля, що передається на стакан. Дуже часто у автомобілів з підвіскою *McPherson* після пробігу в 100 000 км зустрічається розрив на місці зварних швів. Цю підвіску не встановлюють на автомобілях високого класу, адже використання такої конструкції викликає невелику вібрацію і шум. Причому ізолювати цей шум практично неможливо. Тому можуть використати два важеля у цій підвісці (рис. 24.5).

Підвіска на двох поперечних важелях

Щоб позбутися від ривків, поліпшити керуваність і підвищити енергоємність, застосовують підвіску на двох поперечних важелях (рис. 24.6).



Рисунок 24.5 – Двоважільна підвіска *McPherson*



Рисунок 24.6 – Передня підвіска на двох поперечних важелях з амортизаторною стійкою

У цій конструкції присутній опорний важіль (нижній) і важіль направляючий (верхній), які кріпляться до поворотного кулака. На опорний важіль встановлена нижня частина амортизаторної стійки або ж пружина окремо і окремо амортизатор. Верхній важіль виконує функцію направлення руху колеса у вертикальній площині, мінімізуючи його відхилення від вертикалі. Те, як встановлені важелі один відносно одного, має безпосередній вплив на поведінку автомобіля під час його руху. Зверніть увагу на рис. 24.6. Тут верхній важіль максимально відведений від нижнього важеля вгору. Щоб зменшити вплив зусиль на кузов автомобіля при роботі підвіски, подовжується поворотний кулак. До того ж, цей важіль встановлений під певним кутом до горизонтальної осі автомобіля, щоб уникнути ривків. Суть залишається та ж, а зовнішній вигляд, геометричні та кінематичні параметри змінюються.

Незважаючи на всі переваги, один дуже суттєвий недолік у цій конструкції все ж існує – це відхилення колеса від вертикальної осі при роботі підвіски. Рішення начебто є – подовження важелів, однак це

добре, якщо рамний автомобіль, а от якщо несучий кузов, то подовжувати нікуди – далі моторний відсік. Ось і підходять до вирішення нестандартно: нижній важіль намагаються зробити як можна довше, а верхній встановити як можна далі від нижнього.

Слід відзначити той факт, що якщо пружина і амортизатор або амортизаторна стійка своїм нижнім кінцем кріпляться до верхнього важеля (як у випадку, зображеному на рис. 24.7), то стає опорним саме верхній важіль, нижній у такому разі переходить у розряд направляючих.

Двоважільна підвіска *McPherson* з коротким верхнім і нижнім важелями забезпечує мінімальні поперечні переміщення колеса (шкідливі для бічної стійкості автомобіля і викликають швидкий знос шин), а також незначні кутові переміщення при ході вгору і вниз.

Конфігурація поперечного важеля дозволяє кожному колесу незалежно сприймати нерівності і залишатися більш вертикальним на поверхні дороги. А це означає краще зчеплення з дорогою.

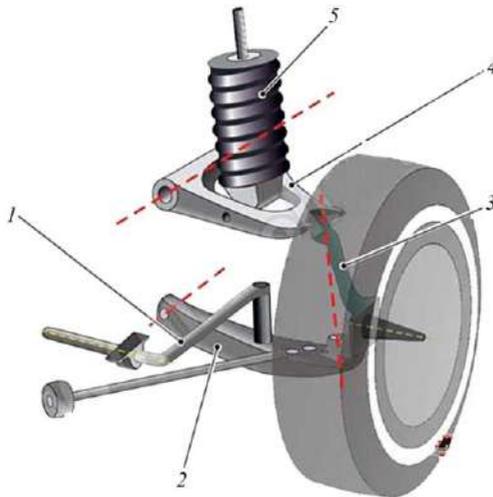


Рисунок 24.7 – Схема підвіски автомобіля *Ford Mustang*:

- 1 – стабілізатор поперечної стійкості; 2 – нижній важіль; 3 – поворотний кулак;
- 4 – верхній важіль; 5 – пружина в зборі з амортизатором

Багатоважільні підвіски

Удосконалення двоважільної підвіски вичерпано, а мета не досягнута, то конструкцію підвісок доводиться ускладнювати, незважаючи на збільшення вартості. Саме по такому шляху пішли конструктори при розробці багатоважільної підвіски. Так, вона вийшла дорожче дво - або одноважільної, однак за підсумком отримали практично ідеальне переміщення колеса – без відхилень у вертикальній площині, відсутність ефекту підрулення при проходженні поворотів і стабільність.

Підвіска (Multilink) на сьогодні є найпоширенішим видом підвіски, який застосовується на задній осі легкового автомобіля. Підвіска встановлюється як на передньопривідні, так і на задньопривідні автомобілі.

Основні переваги багатоважільної підвіски (рис. 24.8) обумовлені її конструкцією: висока плавність ходу, низький рівень шуму, краща керованість. Разом з тим підвіска досить дорога і складна у виготовленні і установці.

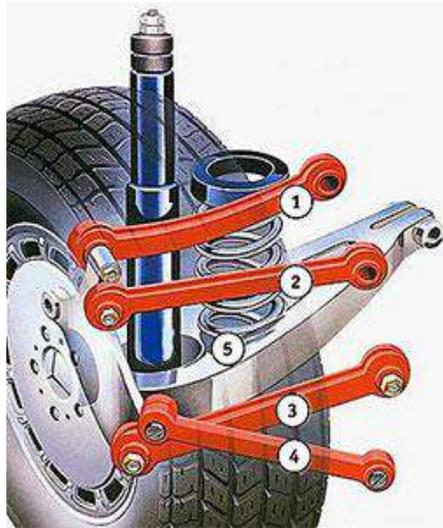


Рисунок 24.8 – Багатоважільна підвіска: 1...5 – важелі

Задня напівзалежна підвіска

Це одне з найпростіших, дешевих і надійних рішень для задньої підвіски, проте не позбавлена багатьох недоліків. Суть конструкції полягає в тому, що два поздовжніх важеля, на які спираються пружини і амортизатори, з'єднали балкою, як показано на рис. 24.9. Частково підвіска вийшла залежною, оскільки колеса пов'язані між собою, проте за рахунок конструкції балки колеса мають можливість переміщатися одне відносно одного.



Рисунок 24.9 – Приклад задньої напівзалежної підвіски

Демпфувальні елементи

Демпфувальні елементи – це елементи підвіски, викликані гасити коливання підвіски під час руху автомобіля. А навіщо гасити коливання? Пружний елемент підвіски, яким би він не був, викликаний зводити нанівець всі ударні навантаження, що виникають при наїзді колеса на перешкоди на дорозі. Але чи то пружина або повітря в пневмоподушці, після стиснення або розтискання пружного елемента відразу піде повернення у вихідне положення. Стисніть у руках будь-яку пружинку, а потім відпустіть її, і вона відпружинить настільки далеко,

наскільки дозволять їй сили, що виникли при розтисканні. Так і в автомобілі: при наїзді автомобіля на яку-небудь перешкоду пружина в підвісці стиснеться, але потім під дією пружних сил почне розтискатися. Оскільки автомобіль має певну масу, то пружина, розпрямляючись, змушена долати інерцію автомобіля, що буде виражатися погойдуванням з поступовим загасанням коливань. Зважаючи на постійні різноспрямовані переміщення підвіски таке розгойдування неприпустиме, оскільки в певний момент може наступити резонанс, що в кінцевому підсумку зруйнує підвіску частково або повністю. Щоб не допустити таких коливань, у конструкцію підвіски впровадили ще один елемент – амортизатор.

Типи і конструкції амортизаторів

Амортизатори використовуються в конструкції будь-якого транспорту для того, щоб гасити коливання кузова в результаті руху автомобілів по нерівності.

Амортизатори за своєю конструкцією бувають (рис. 24.10):

- двотрубні гідравлічні - *A*;
 - однотрубні газогідравлічні з газом високого тиску – *Б*;
 - двотрубні газогідравлічні з газом низького тиску – *В*;
- (*A* – повітря під атмосферним тиском; *Б* – газ; *В* – мастило).

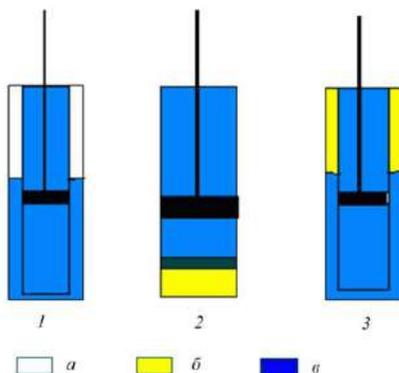


Рисунок 24.10 – Типи амортизаторів

У гідравлічного амортизатора є ряд серйозних недоліків. Головним недоліком є нагрів. Як відомо, гасіння однієї енергії породжує виникнення іншої, так і в амортизаторі – компенсуючі коливання пружини перетворюються в теплову енергію і масло відповідно нагрівається.

Однотрубна конструкція дозволила значно збільшити обсяг масла і газу, при цьому не змінюючи розмірів самого амортизатора. Це вдосконалення допомогло позбутися від нагрівання, а поділ газу і масла позбавив від спінювання останнього. Але цей тип амортизатора, звичайно ж, має деякі недоліки. «Жорсткість» амортизатора змінюється залежно від нагрівання газу – чим гарячіше газ, тим його робота «жорсткіше». Але головним недоліком є те, що при пошкодженні корпусу (вмятині), поршень просто заклинить всередині і амортизатор миттєво приїде в непридатність. Проте, як показує практика, такі випадки зустрічаються вкрай рідко. Такі амортизатори, як правило, і називають «газомасляні». Ніяких конструктивних відмінностей від простого гідравлічного амортизатора немає. Різниця полягає лише в тому, що в порожнину корпусу амортизатора закачується газ (частіше азот) замість повітря. Газ є своєрідним акумулятором тиску і перешкоджає спінюванню масла. Але проблема нагріву і, як наслідок, – розрідження масла залишається незмінною. Газонаповнений амортизатор дуже легко відрізнити від гідравлічного. Шток газонаповненого амортизатора постійно прагне вийти назовні.

Електронно-регульовані амортизатори

Амортизатори поділяють на чотири рівні типи:

– стандарт – зусилля стиснення і відбою відповідає параметрам стандартних заводських амортизаторів;

– комфорт – є «золотою серединою», тому що за своїми характеристикам найбільш підходять для міських і міжміських доріг («жорсткість» на 30 % більше, ніж у стандартних);

– шосе – на 80 % жорсткіше робота (на відбій), ніж стандартні амортизатори; рекомендуються для часті їзди на міжміських трасах на великих швидкостях;

– спорт – найбільш «жорсткі» на стиск і на відбій амортизатори, призначені для спортивної їзди.

Принцип роботи амортизатора простий. Швидкість набору і зливу рідини обмежена в'язкістю рідини і пропускнуою здатністю отворів амортизатора.

У підвісці об'єднали амортизатор з пружиною (або іншим пружним елементом) і отримали механізм, в якому один елемент не дозволяє розгойдуватися, а другий сприймає всі навантаження.

Розглянемо демпфірувальні елементи підвіски на прикладі телескопічного амортизатора.

Найпоширенішими типами демпферів на легкових автомобілях є двотрубні і однострубні газонаповнені амортизатори.

Двотрубні гідравлічні амортизатори

Назва амортизатора цього типу говорить сама за себе. Найпростіший вид амортизатора – це дві труби, зовнішня та внутрішня (рис. 24.11). Зовнішня труба ще виконує роль корпусу всього амортизатора і резервуара для робочої рідини.



Рисунок 24.11 – Двотрубний телескопічний амортизатор

Внутрішня труба амортизатора називається циліндром. Всередині циліндра встановлений поршень, виконаний як одне ціле зі штоком. У

поршні є отвори, в які встановлені односторонні клапани, частина клапанів спрямована в один бік, решта – у зворотній. Одні клапани називаються компенсаційними, інші – клапанами відбою.

Порожнина між циліндром і корпусом називається компенсаційною. Ця порожнина, а також циліндр амортизатора заповнені робочою рідиною. Циліндр з одного боку має отвір для штоку поршня, а з іншого боку заглушений пластиною з отворами і односторонніми клапанами в них – компенсаційними клапанами і клапанами стиснення.

При переміщенні поршня в циліндрі масло перетікає з порожнини під поршнем у порожнину над поршнем, при цьому частина масла видавлюється через клапан, що знаходиться знизу поршня. Частина рідини через клапани стиснення перетікає у зовнішній компенсаційний резервуар, де стискає повітря, поршень перебуває під атмосферним тиском у верхній частині корпусу амортизатора. Оскільки ця рідина має певну в'язкість і плинність, то швидше, чим визначено, процес перетікання проходити не буде. Те ж саме, тільки в зворотному напрямку, відбувається на ході відбою, коли поршень переміщується вгору. При цьому задіюються компенсаційні клапани пластини циліндра і клапани відбою в поршні.

Однак ця конструкція має один, але істотний недолік: при тривалій роботі амортизатора робоча рідина нагрівається, починає змішуватися з повітрям у компенсаційному резервуарі і спінюється, у результаті відбувається втрата ефективності роботи і вихід з ладу.

Двотрубні газогідравлічні амортизатори

Щоб вирішити проблему спінювання робочої рідини в амортизаторі, у компенсаційний резервуар замість повітря закачується інертний газ (зазвичай використовують азот). Тиск може коливатися від 4 до 20 атмосфер.

Принцип роботи нічим не відрізняється від двотрубного гідравлічного амортизатора, з тією лише різницею, що робоча рідина не спінюється так інтенсивно.

Однотрубні газонаповнені амортизатори

Відмінною особливістю цих амортизаторів від зазначених вище конструкцій є те, що у них є тільки одна труба – вона виконує роль

корпусу і циліндра. Будова такого амортизатора відрізняється тільки тим, що в ньому немає компенсаційних клапанів (рис. 24.12). У поршні є клапани відбою і стиснення. Однак особливістю цієї конструкції є плаваючий поршень, що відокремлює

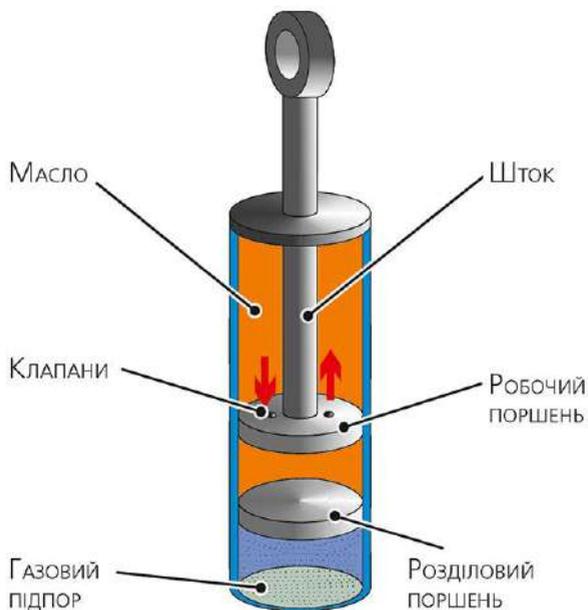


Рисунок 24.12 – Однотрубний газонаповнений амортизатор

резервуар з робочою рідиною від камери з газом, який закачаний під дуже високим тиском (20–30 атмосфер).

Однак не варто думати, що якщо корпус неподвійний, то ціна нижче. Оскільки всю роботу виконує тільки поршень, то більшу частку ціни амортизатора становить вартість розрахунку і підбору поршня. Щоправда, результатом настільки трудомістких робіт є підвищена ефективність усіх характеристик амортизатора.

Одна з переваг цієї схеми полягає в тому, що робоча рідина в амортизаторі значно краще охолоджується через те, що в корпусі всього

одна стінка. Наступними перевагами можна назвати зменшення маси і габаритів та можливість установки навпаки (робота знизу вгору) (рис. 24.13) – таким чином можна знизити величину невідресорених мас.

Однак існують і значні недоліки газонаповнених амортизаторів, такі як:

- уразливість для зовнішніх ушкоджень: будь-яка вм'ятина обернеться заміною амортизатора;
- чутливість до температури: чим вона вище, тим вище тиск газового підпору і жорсткіше працює амортизатор.

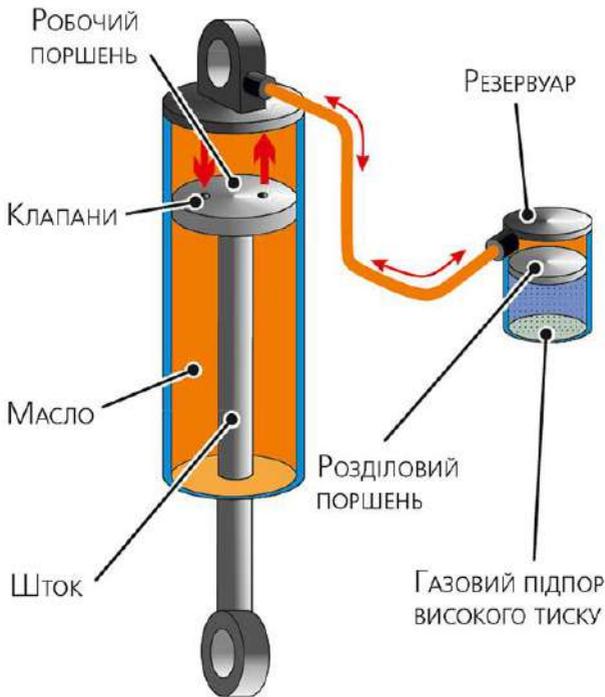


Рисунок 24.13 – Однотрубний газонаповнений амортизатор, встановлений штоком вниз

Пружні елементи пружини

Пружини як пружні елементи застосовуються в підвісці багатьох легкових, рідше вантажних автомобілів. У передній і задній підвісках, що випускаються різними формами у більшості легкових автомобілів, застосовуються гвинтові циліндричні пружини з постійним перетином прутка і кроком навивання. Така пружина має лінійну пружну характеристику, а необхідні характеристики забезпечуються додатковими пружними елементами з поліуретанового еластомеру і гумовими буферами відбою.

На автомобілях виробників інших країн, наприклад, БМВ 3-ї серії в задній підвісці встановлюють бочкоподібну (фасонну) пружину з прогресивною характеристикою, що досягається за рахунок форми пружини і застосуванням прутка змінного перерізу. Типи пружин зображені на рис. 24.14.



Рисунок 24.14 – Пружини:
а – гвинтова циліндрична; б – бочкоподібна

Самим простим і часто використовуваним пружним елементом, що застосовуються в конструкції підвіски, є пружина. У найбільш простому варіанті використовується циліндрична вита пружина, але внаслідок оптимізації і поліпшення ефективності роботи підвіски пружини можуть набувати найрізноманітніші форми. Так, пружини можуть бути бочкоподібними, увігнутими, конусоподібними і зі змінним діаметром перерізу витка. Зроблено це для того, щоб характеристика жорсткості пружини стала прогресивною, тобто при збільшенні ступеня стиснення пружного елемента має збільшуватися і його опір цьому стиску, причому

функція залежності повинна бути нелінійною і безперервно зростаючою. Приклад графіка залежності жорсткості від ступеня стиснення наведено на рис. 24.15.

Бочкоподібні пружини іноді називають «мініблоком» (див. рис. 24.14). Такі пружини при тих же характеристиках жорсткості, що і у звичайної циліндричної пружини, мають менші габаритні розміри. Також виключається контакт витків при повному стисканні пружини.

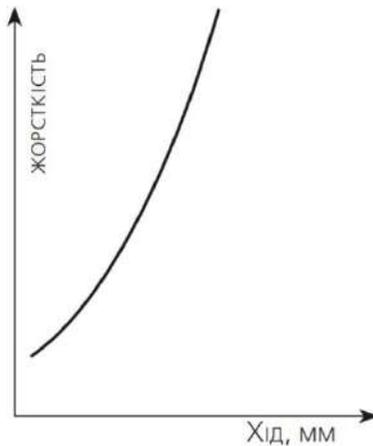


Рисунок 24.15 – Графік залежності жорсткості пружини від ступеня стиснення

У звичайних циліндричних кручених пружинах ця залежність лінійна. Щоб вирішити цю проблему, стали змінювати переріз і крок витка.

Змінюючи форму пружини (див. рис. 24.14), намагаються наблизити жорсткість до ідеальної, орієнтуючись по графіку (див. рис. 24.15).

Ресори

Ресора – найпростіший варіант пружного елемента в підвісках автомобілів. Чого простіше: взяти кілька сталевих листів, з'єднати їх разом і підвісити на них елементи підвіски. До того ж, ресора має властивість гасіння коливань за рахунок тертя між листами. Ресорна підвіска підходить для важких позашляховиків і пікапів, щодо яких немає

особливих вимог до комфорту пересування, але є високі вимоги до вантажопідйомності.

Також ресора застосовується в автомобілі *Chevrolet Corvett* (рис. 24.16), щоправда, там вона розташовується поперечно і виготовляється з композитного матеріалу.



Рисунок 24.16 – *Chevrolet Corvett* з поперечною вуглепластиковою ресорою

Ресори є основою для вантажних автомобілів. Вона містить мінімальну кількість структурних елементів – ресору з вузлами кріплення і амортизатор.

Ресора складається із сталевих листів, що мають однакову ширину і різну довжину вигнутої форми, зібраних разом. Кривизна листів не однакова і залежить від їх довжини. Вона збільшується зі зменшенням довжини листів, що необхідно для щільного прилягання їх один до одного в зібраній ресорі.

При складанні ресори її листи змащують графітовим мастильним матеріалом, який оберігає їх від корозії і зменшує тертя між ними. У ресорах легкових автомобілів для зменшення тертя між листами по всій довжині або на кінцях листів встановлюють спеціальні прокладки з неметалічних антифрикційних матеріалів (пластмаси, фібри та ін.). Для утримання мастильного матеріалу між листами ресори і запобігання ресори від забруднення на неї іноді надягають чохла.

Основною перевагою листових ресор є їх здатність виконувати одночасно функції пружного і направляючого пристроїв підвіски.

Поперечні листові ресори

Поперечні листові ресори виготовлені зі склопластику (*GFK*). Це дало можливість значно, в порівнянні з ресорами зі сталі, зменшити вагу ресор і істотно поліпшити стабілізацію автомобіля.

Переваги ресор зі склопластику:

- невелика вага при високій міцності;
- дуже висока стійкість до корозії;
- великий опір до удару і стійкість до розколювання;
- тривалий термін служби.

Торсіон

Торсіон – тип пружного елемента, який часто застосовується для економії місця. Він являє собою стрижень, один кінець якого приєднаний до важеля підвіски, а другий затиснутий за допомогою кронштейна на кузові автомобіля. Коли важіль підвіски переміщується, цей стрижень скручується, виступаючи в ролі пружного елемента. Основна перевага полягає в простоті конструкції. До недоліків можна віднести те, що торсіон для нормальної роботи повинен бути досить довгим, але через це виникають проблеми з його розміщенням. Якщо торсіон розташований поздовжньо, то він зменшує місце під кузовом або всередині нього, якщо він поперечний – зменшує параметри геометричної прохідності автомобіля.

Торсіонна підвіска – це такий вид підвіски, в якому використовується торсіон як пружний елемент (рис. 24.17).

Торсіон – пружний металевий стрижень круглого або іншого перетину (рис. 24.18), працює на скручування і виконує функції пружини. Виготовляється з термічно обробленої сталі, що допускає значні кути і великі напруги скручування.

Переваги торсіонної підвіски:

- компактність у порівнянні з пружинами;
- невелика загальна маса конструкції;
- можливість регулювання жорсткості підвіски і дорожнього просвіту;
- легкість ремонту та обслуговування.

Недоліки торсіонної підвіски:

- застосування дорогих технологій у виробництві;
- максимальне навантаження обмежено у зв'язку з напругою в зварних швах;

- не може забезпечити прогресивного збільшення пружності.

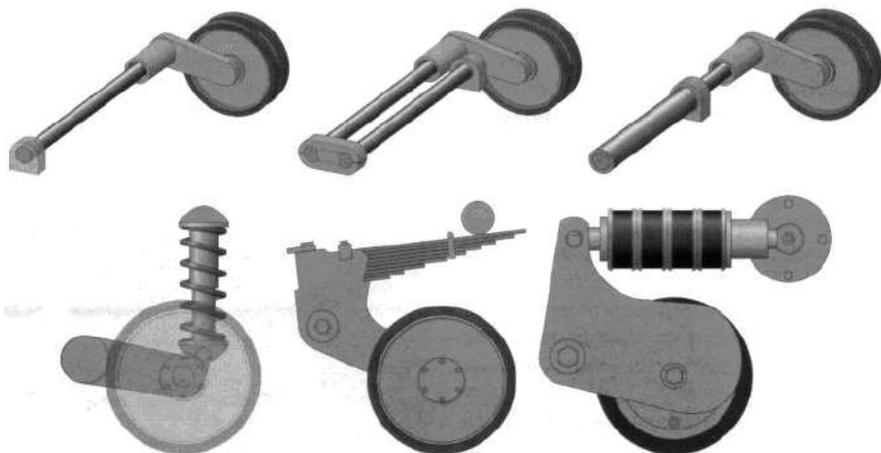


Рисунок 24.17 – Види торсіонних підвісок

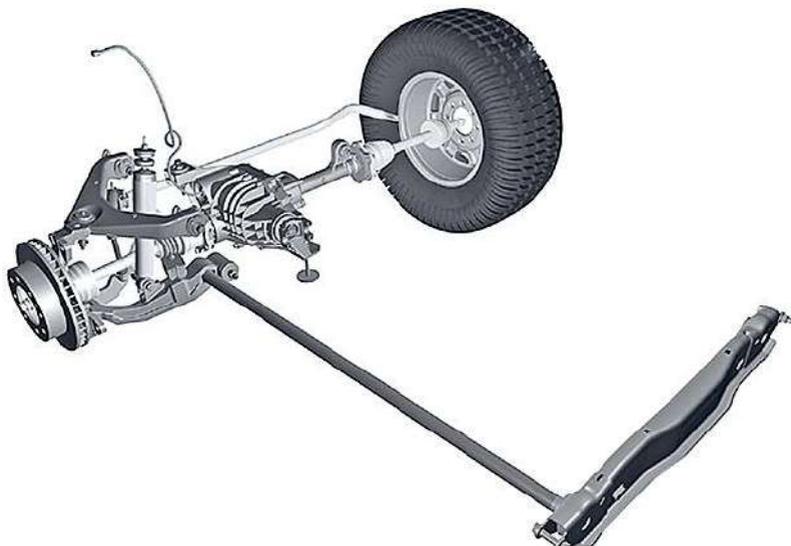


Рисунок 24.18 – Підвіска з поздовжньо розташованим торсіоном (довгим стрижнем, закріпленим спереду на важелі, ззаду – на поперечині кузова)

Пневматичний елемент

У міру завантаження автомобіля вантажем і пасажирами, задня підвіска просідає, зменшується дорожній просвіт, зростає ймовірність пробою підвіски. Щоб цього уникнути, спочатку замінили пружини задньої підвіски пневматичними елементами (рис. 24.19). Ці елементи являють собою гумові подушки, в які закачано повітря. Якщо задня підвіска навантажена, в пневматичних елементах піднімається тиск повітря, положення кузова щодо поверхні і хід підвіски залишаються незмінними, ймовірність пробиття елементів ходової частини зводиться до мінімуму.

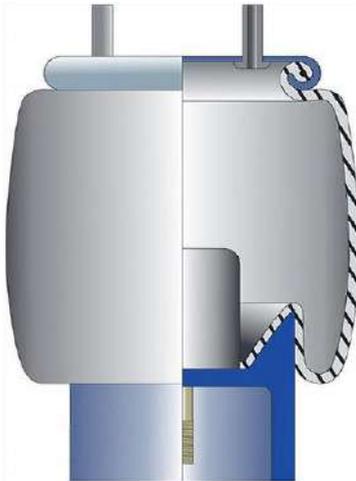


Рисунок 24.19 – Пневматична подушка

Для розширення можливостей пневмоелементів встановили потужні компресори, електронний блок керування і передбачили можливість автоматичного і ручного керування підвіскою. Так вийшла напівактивна підвіска, яка залежно від режиму руху та дорожньої обстановки автоматично змінює величину дорожнього просвіту. Після введення в конструкцію із змінною жорсткістю амортизаторів на виході отримали активну підвіску.

Підрамник

Щоб забезпечити шумо- і віброізоляцію деталі підвіски часто кріпляться не до кузова, а до проміжної поперечини або підрамника (рис. 24.20), утворюючи разом з елементами підвіски єдину складальну одиницю. Така конструкція спрощує складання на конвеєрі (а тобто, знижує собівартість автомобіля), регулювальні роботи і подальший ремонт.

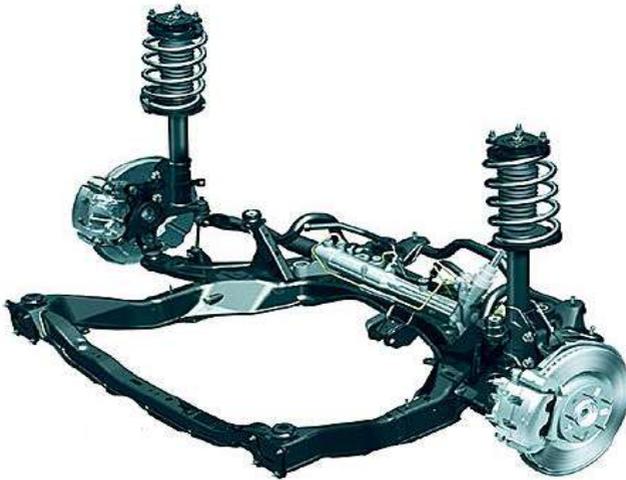


Рисунок 24.20 – Передня підвіска з підрамником

Стабілізатор поперечної стійкості

При проходженні поворотів автомобіль нахилиється в бік, протилежний повороту – на нього діють відцентрові сили, вони нахилиють автомобіль, з боку зовнішніх коліс збільшується навантаження, з боку внутрішніх – зменшується і, як наслідок, спостерігається крен та розгойдування кузова. Усе це може призвести до перекидання автомобіля. Для зменшення крену в поворотах застосовується стабілізатор поперечної стійкості.

Є два шляхи мінімізації цього ефекту: зробити дуже жорстку підвіску або встановити стрижень, що зв'яже колеса однієї осі,

особливим чином. У першому варіанті, щоб боротися з креном автомобіля в поворотах, довелося б зробити дуже жорстку підвіску, що звело б нанівець показники комфорту автомобіля. Другий варіант – установка активної підвіски зі складним електронним керуванням, яка в поворотах робила б підвіску зовнішніх коліс більш жорсткою. Але цей варіант дуже дорогий. Тому пішли по простому шляху – встановили стрижень, яким зв'язали через стійки або безпосередньо важелі підвісок коліс з обох боків автомобіля. Таким чином, при проходженні повороту, коли колеса знаходяться із зовнішнього боку щодо центра повороту, піднімаються вгору (щодо кузова), стрижень скручується і ніби підтягує до кузова внутрішнє колесо, тим самим стабілізує положення автомобіля. Від цього і назва – «стабілізатор поперечної стійкості».

Стабілізатор

Стабілізатор поперечної стійкості є частиною автомобільної підвіски, що з'єднує протилежні колеса за допомогою пружного елемента торсійного типу (працює на скручування). На сьогодні стабілізатор поперечної стійкості обов'язковий елемент різних видів незалежної підвіски легкових автомобілів і часто встановлюється на вантажних.

Стабілізатор встановлюється як на передній, так і на задній осі автомобіля. У легкових автомобілях, що використовують як задню підвіску торсійну балку, стабілізатор поперечної стійкості не встановлюється. Його функції виконує сама підвіска.

Конструктивно стабілізатор поперечної стійкості являє собою стрижень (штангу) круглого перетину, що має П-подібну форму (рис. 24.21). Стабілізатор виготовляється з пружинної сталі. Він розташовується поперек кузова автомобіля і кріпиться до нього в двох місцях за допомогою гумових втулок і хомутів. Втулки дозволяють стабілізатору обертатися. Стабілізатор має, як правило, складну форму, яка враховує положення вузлів і агрегатів автомобіля, розташованих під днищем кузова.

Основними недоліками звичайного стабілізатора поперечної стійкості є погіршення плавності ходу і зниження загального ходу підвіски через невеликий, але все - таки зв'язок між колесами однієї осі. Перший недолік є у автомобілів класу люкс, другий – у позашляховиків.

В епоху електроніки та технологічних проривів конструктори не могли не скористатися всіма можливостями інженерії, тому придумали і впровадили активний стабілізатор поперечної стійкості, який складається з двох частин – одна частина приєднана до підвіски правого колеса, друга – до підвіски лівого колеса, а посередині два кінця стрижня стабілізатора затискаються в гідравлічному або електромеханічному модулі, який має можливість скручувати ту чи іншу частину, підвищуючи тим самим стабільність автомобіля, а коли автомобіль рухається прямо, розтискаються ці два кінця стрижня, даючи тим самим можливість кожному з коліс відробляти відведений їм хід підвіски.

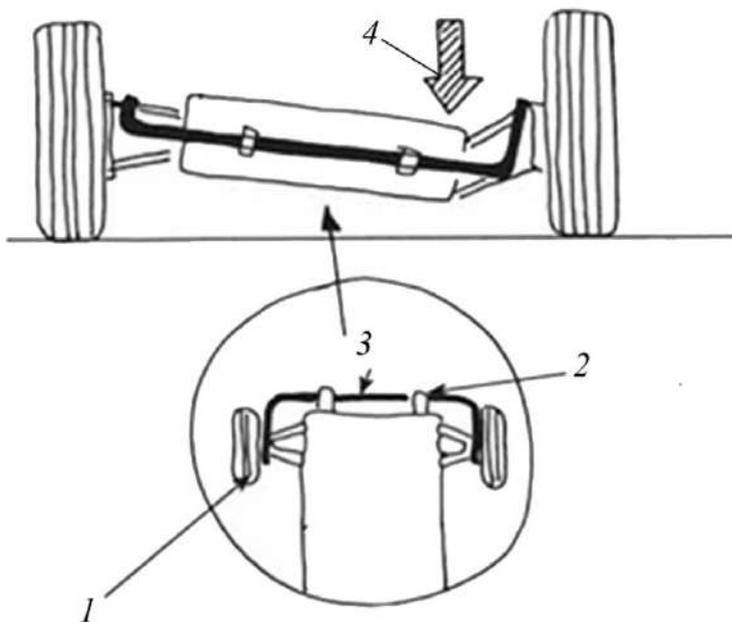


Рисунок 24.21 – Поперечний стабілізатор:
1 – шарнірне з'єднання; 2 – кронштейн з втулками; 3 – стабілізатор;
4 – сила навантаження

При всіх очевидних перевагах стабілізатор поперечної стійкості має ряд недоліків. Його застосування призводить до часткової втрати властивостей незалежної підвіски – передачі ударів з одного колеса на інше, зменшення ходу підвіски. В ідеалі при прямолінійному русі автомобіля стабілізатор поперечної стійкості не потрібний.

Стабілізатор поперечної стійкості погіршує прохідність позашляховиків. При русі по бездоріжжю стабілізатор може призвести до вивішування колеса і втрати його контакту з дорогою. Приклад установки показано на рис. 24.22.

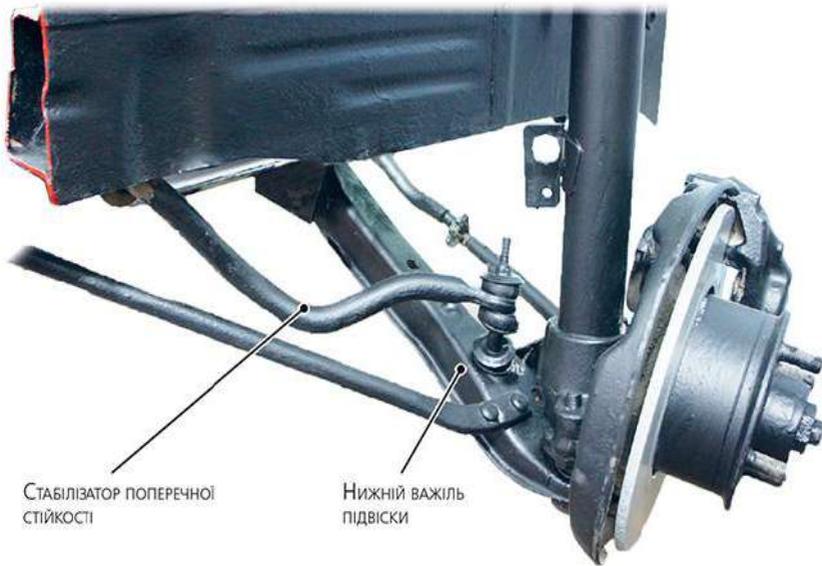


Рисунок 24.22 – Приклад установки стабілізатора поперечної стійкості

Завдання до роботи

Класифікувати ходові системи автомобілів КрАЗ-65055-40, КаМАЗ-5320, ЗІЛ-5301, ГАЗ-NEXT, ГАЗ-Садко, ГАЗ-3310, ЗАЗ - Славута, ЗАЗ-Ланос, ВАЗ-2115 відповідно до прийнятої схеми класифікації (табл. 24.1), розглянувши окремо передню і задню підвіску.

Таблиця 24.1 – Класифікація ходових систем

Признаки класифікації	Типи конструкції	Конструктивні особливості
Тип пружного елемента	Металеві елементи, сталеві	Листові ресори, пружини циліндричні та конічні, торсіони
	Пневматичні	Гумокордові оболонки, діафрагменні, комбіновані
	Гідропневматичні	Без супротиву тиску, з супротивом тиску
	Гумові	Працюючі на стискання, здвиг, зкручення
	Залежні з нерозрізним мостом	Прості, балансирні
Схема направляючого пристрою	Незалежні з розрізним мостом	З переміщенням колеса в повздовжній площині на поперечно – коливальних важелях, свічна, з вертикальним переміщенням колеса, коливальна свічка
Спосіб поглинання коливань	Гідравлічні амортизатори	Важільні, телескопічні
	Суше тертя	Тертя в пружному елементі і направляючому пристрої

2. Розглянути типи пружних елементів підвіски автомобіля (ресора, торсіон, пружина, пневмобаллон), визначивши сферу застосування кожного, дати порівняльний аналіз. Визначити поняття жорсткості пружного елемента.

3. За плакатами і макетами вивчити конструкцію підвісок вантажних автомобілів КрАЗ-65055-40, КаМАЗ-5320, ЗІЛ-5301, ГАЗ - *NEXT*, ГАЗ - Садко, ГАЗ-3310, ЗАЗ-Славути, ЗАЗ-Ланос, ВАЗ-2115. Використовуючи конструктивні схеми (рис. 24.23 і 24.24), вказати діючі на елементи підвіски навантаження, якими деталями і як сприймаються відповідні

зусилля. Зверніть увагу на відмінність передньої і задньої підвісок двовісних вантажних автомобілів.

Залежна передня підвіска автомобіля ГАЗ- NEXТ складається з двох поздовжніх напівеліптичних ресор, розташованих під лонжеронами 6 рами уздовж автомобіля. Кінці здвоєного корінного листа ресори 7 (рис. 24.23) закріплені за допомогою гумових опор у прикріплених до лонжерона на кронштейнах: передня опора включає в себе верхню 5 і нижню напівподушки і упор 4, задня – упору не має.

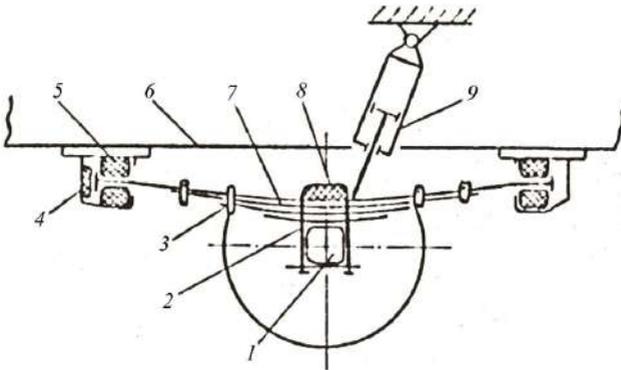


Рисунок 24.23 – Передня підвіска вантажного автомобіля ГАЗ-NEXТ:

- 1 – балка переднього мосту; 2 – стрем’янка; 3 – хомут; 4 – упор;
- 5 – подушки; 6 – лонжерони; 7 – ресора; 8 – гумовий буфер;
- 9 – амортизатор

Для зменшення зносу гумових опор кінці корінних листів захвачені обоймами. Ресора зібрана із сталевих листів різної довжини, які стягнуті разом хомутами 3 і прикріплені до балки 1 переднього мосту двома стрем’янками 2. За допомогою цих же стрем’янків до верхньої частини ресори кріплять гумовий буфер 8, який пом’якшує удари при максимальній її деформації. При прогині ресора переміщується в поздовжньому напрямку, в бік плаваючого її кінця. У передню підвіску входить також гідравлічний телескопічний амортизатор 9, який за допомогою гумового шарніра з’єднує передній міст і кронштейн лонжерона.

При вивченні задньої підвіски вантажного автомобіля потрібно звернути увагу на її відмінності від передньої: наявність додаткової ресори (підресорник) і відсутність амортизатора.

Користуючись плакатами і макетами, скласти опис наведеної на рис. 24.24 задньої підвіски автомобіля ЗІЛ-5301, самостійно проставивши позиції.

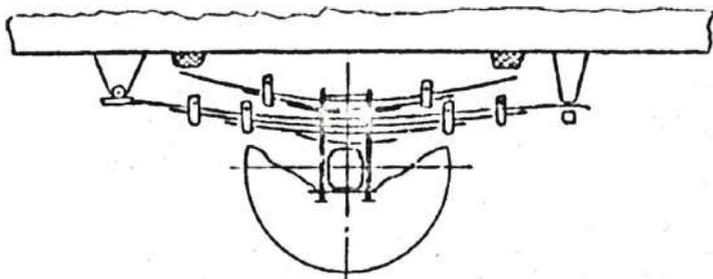


Рисунок 24.24 – Задня підвіска автомобіля ЗІЛ-5301

4. За плакатами і макетами вивчити конструкції задніх важелів балансірних підвісок заднього і середнього мостів вантажних автомобілів сімейств КраЗ, КамАЗ; принципова схема такої підвіски подана на рис. 24.25.

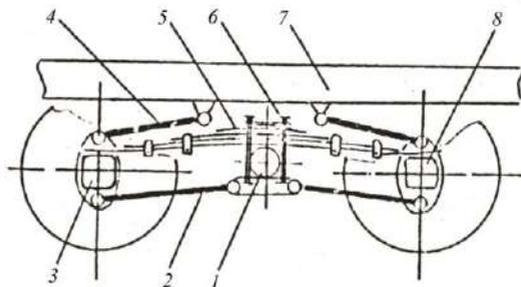


Рисунок 24.25 – Важільно-балансирна підвіска заднього і середнього мостів:

- 1 – вісь каретки; 2 – нижній важіль; 3 – балка середнього мосту;
- 4 – верхній важіль; 5 – ресора; 6 – стрем'янка; 7 – лонжерон рами;
- 8 – балка заднього мосту

5. На прикладі автомобілів сімейства ЗАЗ, ВАЗ розглянути особливості задньої залежної підвіски з використанням як пружного елемента пружини стиснення; самостійно скласти принципову схему підвіски та її опис. Звернути увагу на наявність у підвісці реактивних штанг, які виконують роль напрямних пристроїв.

6. За макетами і плакатами вивчити конструкцію передньої незалежної підвіски автомобіля ГАЗ-3310, принципова схема якої показана на рис. 24.26. Звернути увагу на наявність стабілізатора поперечної стійкості, його роботу. Самостійно скласти опис вузла.

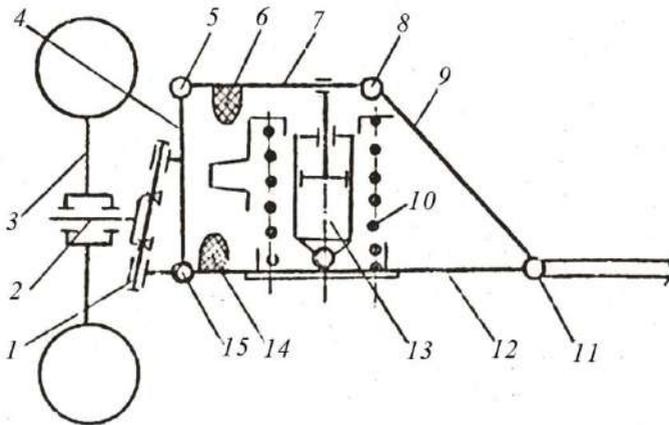


Рисунок 24.26 – Незалежна пружинно-важільна шворнева підвіска автомобіля ГАЗ-3310:

- 1 – шворінь; 2 – поворотна цапфа; 3 – диск колеса; 4 – стійка; 5 – верхній шарнір стійки; 6 – буфер віддачі; 7 – верхній важіль; 8 – вісь верхніх важелів; 9 – балка переднього мосту (поперечина рами); 10 – пружина; 11 – вісь нижніх важелів; 12 – нижній важіль; 13 – амортизатор; 14 – буфер стиснення; 15 – нижній шарнір стійки

На прикладі автомобілів сімейства ЗАЗ, ВАЗ вивчити незалежну безшворневу передню підвіску.

8. За макетами і плакатами вивчити конструкцію залежної пневмопідвіски автобусів ЛАЗ-А141 *Liner*, принципова схема якої подана на рис. 24.28.

Підвіска виконана на чотирьох пневматичних балонах з реактивними штангами, з гідравлічними амортизаторами двосторонньої дії і стабілізатором торсійного типу. Пружними елементами підвіски є подвійні круглі балони 1, забезпечені додатковими резервуарами 10, заповнені стисненим повітрям і встановлені попарно між кузовом 11 і кронштейнами 2, закріпленими на балці 3 заднього мосту. Регулятори сталості висоти 6 кузова через тяги з'єднані з кронштейнами 2.

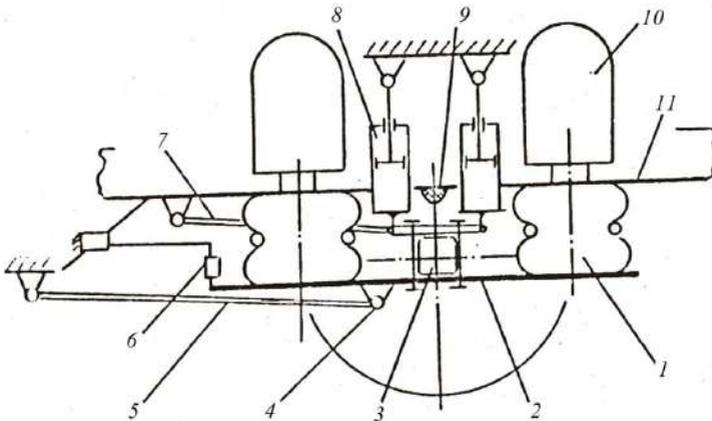


Рисунок 24.28 – Пневматична підвіска автобуса:

- 1 – балон; 2 – кронштейн; 3 – балка заднього мосту; 4 – кульовий шарнір;
5, 7 – штанги; 6 – регулятор сталості висоти; 8 – амортизатор;
9 – буфер стиснення; 10 – додатковий резервуар; 11 – кузов

Штовхаюче зусилля і реактивні моменти сприймаються штангами 5 і 7, які з'єднують задній міст з кузовом. Підвіска кожного борту має по два амортизатори 8, буфер стиснення і віддачі. Компресор нагнітає стиснене повітря в ресивер, з якого воно надходить в регулятор сталості висоти кузова. При збільшенні тиску повітря в пневмобалоні від його стиснення, повітря надходить в з'єднаний з ним додатковий резервуар.

Пневматичні пружні елементи забезпечують високу плавність ходу, велику стійкість автомобіля і автобуса, мають невелику масу, значну довговічність у порівнянні з металевими пружними елементами, дозволяють регулювати висоту кузова автомобіля і автобуса над полотном дороги.

Двосекційний пневмобалон (рис. 24.29, *а*) складається з оболонки 5 товщиною 3–5 мм, борти якої посилені сталевими дротяними кільцями 1; за допомогою кілець 3 оболонка кріпиться до опорних фланців 2 і 6; у середній частині оболонка стягнута кільцем 4. Оболонка виготовлена з двох шарів прогумованої кордної тканини, покритої зовні захисним, а всередині – герметизуючими шарами. Умовне позначення пневмобалона: $D \times H$, де D – номінальний зовнішній діаметр (мм); H – номінальна висота (мм) в положенні статичної рівноваги. Допустимий тиск повітря в балоні при статичному навантаженні 0,5–0,6 МПа.

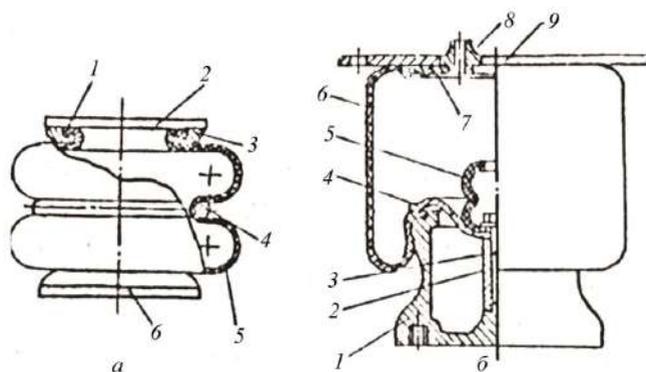


Рисунок 24.29 – Пневматичні пружні елементи:

- а* – двосекційний круглий пневмобалон: 1, 3, 4 – кільця; 2, 6 – фланці;
 5 – оболонка; 6 – рукав пневмобалона: 1 – поршень; 2 – втулка;
 3 – стягуючий болт; 4, 7 – пружинні фланці; 5 – буфер; 6 – оболонка;
 8 – штуцер; 9 – кришка

Рукав пневмобалона (рис. 24.29, *б*) замість нижнього опорного фланця має поршень 1, на внутрішньому кінці якого знаходиться буфер 5 зі стискаючим поршнем, буфер притисного фланцю 4 і втулка 2 з'єднується стягуючим болтом 3. Верхня частина гумокордної оболонки

б кріпиться між притискним фланцем 7 і кришкою 9; повітря підводиться через штуцер 8. Використовуючи макети, плакати і схеми, розглянути призначення, принцип дії і конструкцію найбільш поширених телескопічних амортизаторів двосторонньої дії, призначених для демпфірування (гасіння) коливань рами чи кузова автомобіля або автобуса, викликаних роботою пружного елемента підвіски. Принципова схема амортизатора показана на рис. 24.30.

Амортизатор являє собою циліндричний корпус з двох співвісних циліндрів, з яких внутрішній 10 є робочим, а зовнішній 11 – резервуаром. Шток 14 гідроамортизатора захищений від бруду кожухом 13. Робочий циліндр 10 закритий зверху направляючою 12 штока, ущільненням 1 і кільцем 2. На кінці штока знаходиться поршень 4 з перепускним клапаном 3 і клапаном віддачі 9 з каліброваними отворами 8. Обидва клапана підтискаються пружинами. У дні циліндра знаходиться система клапанів 5 і 7 з пружинами – перепускні клапани.

При плавному ході стиснення (незначні навантаження) рух поршня вниз супроводжується, витіканням рідини через клапан 3 у порожнину над поршнем і лише незначна частина рідини проходить через відповідний отвір 8. Опускання штока підвищує тиск у циліндрі, і рідина, витіснена штоком, перетікає в резервуар через отвори 6. Якщо рідина не встигає перетікати через малі отвори 6 (що відбувається при значних різких коливаннях корпусу), то вступає в дію клапан 7.

При ході віддачі поршень рухається вгору, рідина перетікає з верхньої порожнини в нижню через отвори 8. При різкій віддачі відкривається клапан 9. Висування штока з циліндра звільняє об'єм всередині останнього, тиск зменшується, рідина з резервуара перетікає через клапан 5 гідроциліндра амортизатора. Клапани стиснення і віддачі мають різні за величиною жорсткості пружини і діаметри прохідних перетинів, а тому надають різний супротив переміщенню при прямому і зворотному ходах. У більшості гідроамортизаторів двосторонньої дії опір віддачі в чотири–п'ять разів більше, ніж опір стискання. Кріпиться амортизатор одним кінцем через кульову опору до рами автомобіля, другим – до балки моста.

Складально-регулювальні операції

Деталі кріплення відповідальних вузлів підвіски затягують болтами, гайками стрем'янок, вушків ресор, пальців амортизаторів, кронштейнів підвіски, пальців реактивних штанг, підшипників маточини і гайками

1. За вказівкою викладача відрегулювати підшипники маточин коліс, виконуючи такий порядок:

- піддомкратити міст;
- залежно від конструкції мосту зняти кришку маточини, флянець напівосі або напіввісь;
- повертаючи колесо в обох напрямках для правильного встановлення роликів у підшипниках, затягувати гайку кріплення до моменту гальмування маточини. Після цього відпустити (відвернути) гайку на 1/6–1/8 оберта так, щоб при цьому не виникало осьового зазору в маточині. Застопорити гайку, встановивши стопорні деталі;
- перевірити, чи легко обертається маточина;
- перевірити наявність мастильного матеріалу в підшипниках і смащення маточини. У разі необхідності доповнити його;
- встановити раніше зняті деталі.

Контрольні запитання

1. Що в себе включає ходова система автомобіля?
2. Які сили діють на колесо при його русі по дорозі?
3. Назвіть типи підвісок автомобіля.
4. Назвіть вимоги до конструкції підвісок.
5. З чого складається підвіска Мак Ферсон?
6. Які позитивні якості підвіски на двох поперечних важелях?
7. Наведіть автомобілі на яких застосовується багатоважільна підвіска.
8. Що таке напівзалежна підвіска? Особливості конструкції.
9. Демпфувальні елементи. Якого типу бувають? Особливості конструкції.
10. Пружні елементи підвіски. Призначення. Якої форми і конструкції існують?
11. Що таке ресора?
12. Які застосовуються підвіски на вантажних автомобілях?
13. Недоліки пневматичної підвіски.
14. Які підвіски застосовуються на автобусах?

Лабораторна робота 25

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу сучасних електромагнітних підвісок автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати з конструкції підвісок;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій електромагнітних підвісок;
- деталі підвісок в розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити конструкцію, порядок роботи та подати схеми електромагнітних підвісок;
- визначити особливості конструкції електромагнітних підвісок.

Пристрій та принцип роботи

Електромагнітна підвіска – це пристрій, функціональним значенням якого є перетворення пружного демпфівального елемента за рахунок сили електромагнітного поля відповідно до заданих команд мікроконтролера. В основі використовується електродвигун лінійної будови, який за функціями виконує подібну роботу амортизатора у стандартному типі підвіски. Основною перевагою такого пристрою є можливість адаптивного перемикання споживаної енергії з електричної на механічну (при знеструмленні електромагнітна підвіска, використовуючи складну конструкцію з електромагнітів, перейде на стандартний режим роботи, схожий на багатоважільний тип підвіски). Крім того, електроенергія, необхідна для роботи підвіски, виробляється в результаті їзди за рахунок дії неактивних електромагнітів. У сукупності це дозволяє значно економити і отримувати постійний безперебійний результат роботи підвіски.

При роботі від електроенергії, що виробляється, бортовий комп'ютер, вимірюючи рівень коливань і характер прохідної дорожньої ділянки, визначає за допомогою пружних елементів (електромагнітів замість стандартних ресори і пружин) ступінь впливу кінематики на колеса і безпосередньо сам кузов автомобіля. Аналізуючи безліч показників, комп'ютер подає сигнали на контролер керування підвіскою.

Переваги та недоліки магнітної підвіски

Переваги магнітної підвіски виходять із її призначення. До них належать:

- висока плавність ходу автомобіля;
- стійкість автомобіля під час руху на великих швидкостях;
- високий рівень комфорту та безпеки під час руху по різних поверхнях;
- раціональне використання енергетичних ресурсів машини.

Сьогодні головним недоліком такого виду підвіски є лише її висока вартість.

Види електромагнітних підвісок

Серед поданих нині на ринку варіантів дійсно працюючих типів електромагнітних підвісок основними можна виділити таку групу.

Підвіска шведської компанії *SKF* – здавалося би, куди простіше може бути конструкція в порівнянні з підвіскою *Bose*. Однак шведи з конструкторної компанії *SKF* зважилися на експеримент: вони створили пристрій, який є капсулою, заповненою двома електромагнітами. На відміну від попереднього варіанта *SKF* підвіска використовує пружину в ролі елемента опори. По суті, це механічна підвіска, яка може виконувати свої функції і на електромагнітній основі, на відміну від *Bose* підвіски, де ці функції взаємозворотні. Таке виконання дозволяє ефективно використовувати підвіску навіть після виснаження заряду батареї електродвигуна, що дозволяє просідати підвісці навіть після тривалого простою.

Магнітна підвіска SKF

Таким чином, електромагнітна підвіска, створена шведською компанією, показана у вигляді капсули. Капсула і два електромагніти. На основі даних з усіх датчиків, зібраних бортовим комп'ютером, коригуються параметри демпфівального елемента. Це дозволяє вибрати оптимальний режим руху автомобіля. На рис. 25.1 зображено магнітну стійку *SKF*.



Рисунок 25.1 – Магнітна стійка *SKF*

Магнітна стійка SKF

Ключовим завданням, яке було поставлено перед шведськими фахівцями при розробці свого варіанта магнітної підвіски, було досягнення простоти та надійності конструкції.

У разі несправності системи керування підвіска продовжує працювати за рахунок пружини. Можливість переходу з автоматичного режиму до механічного є головною перевагою підвіски SKF. Крім того, пристрій підвіски дозволяє уникнути ефекту просідання при тривалій стоянці машини.

Підвіска Delphi

Передній та задній магнітні амортизатори *Delphi* наведені на рис. 25.2.

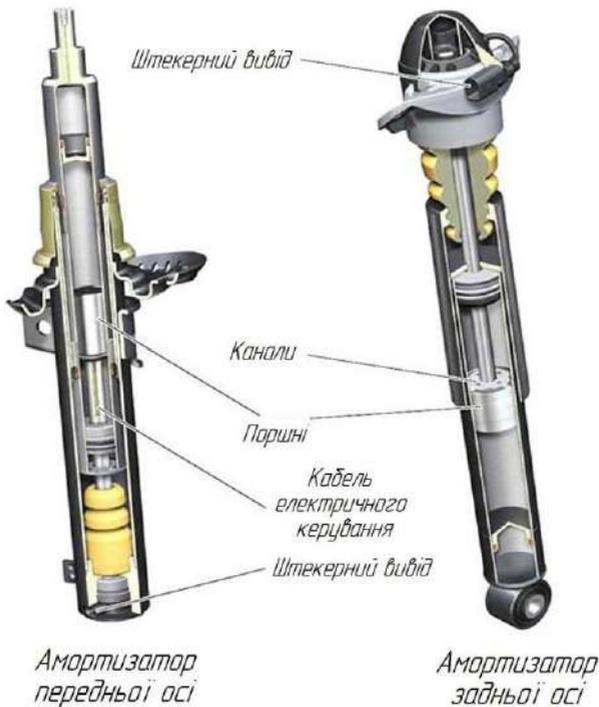


Рисунок 25.2 – Передній та задній магнітні амортизатори *Delphi*

У варіанті від *Delphi* підвіска показана у вигляді однотрубного амортизатора, заповненого магнітно-реологічною рідиною. Розмір магнітних частинок у складі не перевищує десяти мікронів. Особливе покриття, додане в розчин у пропорції «один до трьох», перешкоджає злипанню частинок між собою.

Поршень амортизатора, що керується електронним блоком, містить електромагніт. При подачі керуючого сигналу утворюється магнітне поле і частинки приймають упорядковану структуру. В'язкість рідини збільшується. Режим роботи амортизатора змінюється – він стає «жорсткішим».

Головною перевагою підвіски є швидкість реакції, що не перевищує 1 м/с. Крім цього, при несправності системи керування підвіска функціонуватиме за рахунок гідравлічного амортизатора. Це забезпечує безпеку під час керування транспортним засобом.

Таким чином *магнітна підвіска Delphi* – конструкція, де використовують елемент амортизатора у вигляді труби, заповненої електромагнітом та рідиною з магнітними частинками. Частинки невеликого розміру (від 5 до 10 мікрон) не зливаються завдяки нанесенню спеціального покриття. У такій підвісці керування системою на себе бере головка поршня. Частинки реагують на дії швидше за аналоги, а тому і відгук підвіски набагато швидше за інших. Крім того, безперечною перевагою такої підвіски є використання гідравліки у разі поломки електромагнітної системи керування частинками. Це можливо завдяки наявності в конструкції стандартного амортизатора.

З кожним днем інженери з поданих вище компаній допрацьовують свої продукти, доводячи їх якість виконання до серійного / досконалого рівня. Проводяться активні роботи із забезпечення та оптимізації програмного коду, за допомогою якого здійснюється процес керування електромагнітами. Намагаються працювати з конструкцією установки, активно застосовуючи нові матеріали та виробляючи прототипи набагато легші за попередні варіанти. Деякі експерти підозрюють активні роботи щодо створення робочих прототипів у закритих установках. Не виключено, що просувати електромагнітну підвіску незабаром будуть самі великі виробники автомобілів в особі *Volkswagen*, *General Motors*, *Hyundai* та ін. Користь та переваги використання подібної системи видно неозброєним оком, а тому усвідомлено ніхто не відмовлятиметься від подібної системи.

Електромагнітна підвіска Bose – історично перша електромагнітна підвіска у світі утримує пальму першості. За основу успіху в компанії взято саму спрощену ідею з електродвигуном, який виконує відразу два елементні образи, проте роботу лінійної установки довели до граничної досконалості. Швидкодія досягається завдяки використанню конструкції штока, до якого прикріплені магніти різної сили і дії. Крім того, змінне виконання зворотно-поступальної активності магнітів дозволяє використовувати певні колеса під певний віраж, що значно підвищує маневреність.

Таким чином, в основі принципово нової підвіски *Bose* – лінійний електродвигун. Адже електромотори роблять не тільки на обертальний рух, а й на поступальний – для верстатів з ЧПК, для перспективних залізничних поїздів на електромагнітній «подушці». Загалом лінійний електродвигун (ЛЕ) застосовано в автомобільному шасі.

Потужний ЛЕ вдало вписується на місце телескопічного амортизатора і замінює собою його, і пружину, і поперечний стабілізатор. Під контролем ЦПУ на електродвигун подається напруга, і на його штоку виникає зусилля, що виштовкує. Наприклад, 3750 Н; на 4-х штоках – 15000 Н; тобто маса легкового «гольф»-класу з нормальним навантаженням без так званих безпружинних частин підвіски, які для «гольф»-класу приблизно становлять 1500 Н. Зрозуміло, що ЛЕ підтримують задану висоту шасі незалежно від навантаження. Як із нормальною (гідро)пневматичною підвіскою; так звана статична компенсація.

Крім того, швидкодіючі ЛЕ беруть на себе і динамічну компенсацію – обмежують бічний крен автомобіля. Поперечні стабілізатори відпадають – за непотрібністю, а також усувають поздовжні «клювання» при розгоні та гальмуванні. Вони здатні спрацьовувати хоч 100 разів на секунду – тільки подавай напругу на обмотки статора.

А ЦПК контролює кожен із 4-х ЛЕ індивідуально, і тут відкриваються дивовижні можливості. Наприклад, зміни кутової жорсткості передньої та задньої підвіски – за роздільністю. Скажімо, при вході у віраж ЛЕ запитуються так, що машина спирається переважно на зовнішнє заднє колесо – і набуває легкої надмірної повертаємості.

Демпфер

Особливо цінно, що ЛЕ не тільки беруть на себе функції пружних елементів підвіски, але й гасять, демпфують коливання. Начебто повернення, – але на скільки іншому рівні техніки. Тобто працюють (під

контролем того ж ЦПП) як амортизатори – лише електричні. При ході колеса на нерівностях ЛЕ діє не як електродвигун, а як лінійний альтернатор: поглинає кінетичну енергію, перетворює її у електричну – і закачує в бортову електромережу.

Зовсім інший принцип гасіння коливань: замість розсіювання їх енергії в атмосфері через гідроамортизатори, що сильно гріються, – рекуперація її і накопичення в акумуляторних батареях. Причому ЦПУ може блискавично змінювати характеристики електроамортизаторів – кожного окремо та всіх 4-х разом. Досягається фантастична плавність ходу на покриттях різної якості – при чудовому триманні дороги та керованості автомобіля. Тут на передній план виступає програмне забезпечення ЦПУ: ступеней вільності безліч, можливості неоглядні, але щоб узяти хоч частину їх, потрібно тонко налаштовувати електроніку, що керує.

Схема системи Bose «квадро»

У 1980-х роках компанія *Bose* перша зробила електромагнітну підвіску автомобіля, застосувавши необхідні сучасні розрахунки та обчислення. На рис. 25.3 зображено схему електромагнітної підвіски.

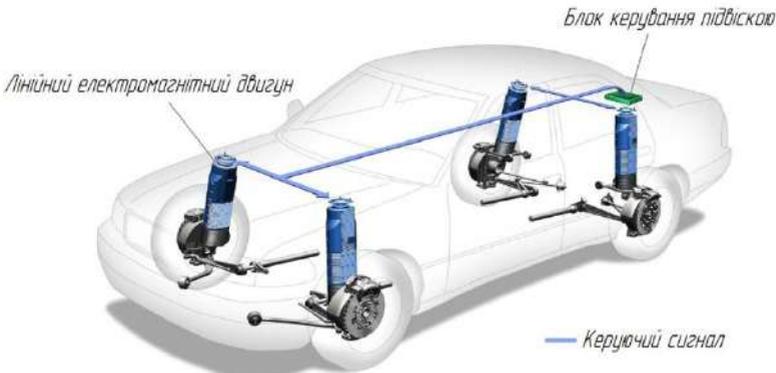


Рисунок 25.3 – Схема підвіски

Щось на зразок пружинно-гідролічної системи *ABC* (*Active Body Control* – активне регулювання підвіски) у седанів *Mercedes S*-класу – тільки швидкодія незрівнянно вища і можливості керування ще більші. І

практично повна інтеграція в 4 ЛЕ – з проводами високої напруги та великих сил струму, що ведуть до них.

Але на відміну від *ABC*, підвіска *Bose* по-своєму вирішує болісне питання про відбір потужності. Справа в тому, що мерседесівська система працює під високим гідравлічним тиском (близько 150 бар), що підтримується гідронасосом, який відбирає від двигуна чимало потужність. Помітна перевитрата пального – зрештою, на обігрів атмосфери.

ЛЕ вимагають приблизно такої ж (електричної) потужності. Баланс приблизно такий: у високоактивному режимі 4 ЛЕ витрачають загалом 20–25 кВт потужності. Чимало, але вони і повертають до мережі (рекуперація) 16–20 кВт. У будь-якому випадку потрібен потужний альтернатор з приводом від вала двигуна і емна акумуляторна батарея. Проте електропружні елементи / амортизатори не розсіюють енергію марно, а щоразу рекуперують її – повертають назад до бортової мережі. Уявіть ситуацію: вітер розгойдує машину на стоянці, а ЛЕ тим самим виробляють електроенергію та заряджають батареї.

Щоправда, ЛЕ витрачають електроенергію навіть тоді, коли машина нерухома. Просто тому, що потрібно тримати її вагу. Навпаки, пружинно-гідравлічна *ABC* не витрачає енергію, поки машина нерухома. Гідроопори пружин блокуються клапанами, і висота пружних елементів фіксується як стопором. З іншого боку, *ABC* практично не здатна рекуперувати витрачену енергію і за динамічної компенсації інтенсивно обігріває атмосферу. Інакше висловлюючись, електромагнітні пружні елементи виправдані, якщо підвіска дійсно «активна» і постійно працює у режимі динамічної компенсації. Тоді електроенергія витрачається на стабілізацію шасі – і відразу повертається назад, рекуперується при гасінні коливань підвіски. А ось пружинно-гідравлічна *ABC* краще підходить для «пасивної», статичної компенсації (оскільки рекуперування в гідросистемі важко організувати) – при змінах навантаження. У кожному окремому випадку своє рішення.

Bose – професійний математик, і чверть століття тому він почав роботу зі створення комп'ютерних моделей автомобільної підвіски. А тепер випробування проходить цілком реальний *Lexus LS400*, оснащений

електромагнітною «квадро»-підвіскою. Замість телескопічних амортизаторів – ЛЕ; у парі з ними як допоміжні пружні елементи працюють торсіони (рис. 25.4).



Рисунок 25.4 – Електромагнітна підвіска Bose

Вони приймають на себе вагу порожнього автомобіля, щоб не витратити даремно електроенергію на підтримку шасі в статиці. А щоб *Lexus* не лягав (як «сітроєни» з гідропневматикою) після тривалої стоянки на дорогу, є чимало різного роду технічних (і електротехнічних) тонкощів, проте основне – у 4-х ЛЕ та швидкодіючому ЦПП з відповідним програмним забезпеченням.

Аналогічні підвіски розробили *Lotus* та *Michelin*, але всі проєкти, включаючи *Bose Suspension System*, ні на грам не просунулися на шляху до серійного втілення.

Нерозв'язаних проблем маса: це і надмірні безпружинні маси, і складність, надійність та швидкодія електроніки теж залишають бажати кращого, що особливо критично на поганих дорогах.

Підвіска *Bose* передбачає великий діапазон різних налаштувань:

– у процесі проходження віражу водій може підібрати схему сигналів бортового комп'ютера таким чином, що опорним виступить заднє зовнішнє колесо;

– у повороті підвіска перенесе навантаження на переднє зовнішнє колесо.

Це забезпечує підвищений контроль за керуванням транспортним засобом незалежно від типу покриття дороги.

Ще однією особливістю підвіски *Bose* є режим електрогенератора. При русі автомобіля по прямій коливання, спричинені нерівністю дороги, перетворюються на електричну енергію. При цьому електроенергія не розсіюється у просторі, а концентрується в акумуляторних батареях для подальшого застосування.

На жаль, не весь потенціал підвіски *Bose* реалізовано до кінця. Процес гальмує розробка програмного забезпечення.

Контрольні запитання

1. Що таке електромагнітна підвіска?
2. Назвіть переваги та недоліки магнітної підвіски.
3. Назвіть ведучі фірми виробники електромагнітних підвісок.
4. Назвіть особливості магнітних підвісок фірми *SKF*.
5. Досконально розкажіть про електромагнітну підвіску *Bose*.
6. Куди дівається енергія механічних коливань у підвісці *Bose*?
7. Які елементи входять до складу підвіски *Bose*?
8. У чому різниця роботи підвіски *Bose* у порівнянні з традиційною при гальмуванні, руху по нерівностям, при русі в повороті?
9. Конструкції підвіски *Delphi*.
10. Які налаштування виконують у підвісці *Bose*?

Лабораторна робота 26

РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити конструкції, принцип дії, роботу, регулювання і обслуговування елементів рульового керування.

Наочні посібники:

- альбоми і плакати;
- вузли і деталі рульового керування;
- слайди;
- відеофільми.

Завдання до роботи:

- вивчити будову та конструктивні особливості рульових керувань;
- вивчити призначення та взаємодію основних елементів вузла.

Основні положення

Під час руху автомобіля водій безперервно впливає на рульове керування; рульове керування є найбільш відповідальним механізмом щодо безпеки руху. *Рульове керування* служить для маневрування автомобіля і збереження заданого курсу. Воно складається з рульового колеса, з'єданого валом з рульовим механізмом, і рульового приводу. Для полегшення повороту коліс у рульовий механізм або привід може вбудовуватися підсилювач. *Рульовий механізм* призначений для передачі зусилля від водія до рульового приводу і для збільшення моменту, прикладеного до керма. *Рульовий привід* – це система тяг і важелів, яка служить для передачі зусилля від рульового механізму до керованих колес автомобіля та забезпечення необхідного співвідношення між кутами їх повороту. У зв'язку з відповідальністю рульового керування до нього висувається ряд вимог:

– легкість керування, що оцінюється зусиллям на рульовому колесі: для легкових автомобілів без підсилювача 50...100 Н, з підсилювачем до

20 Н; для вантажних автомобілів з підсилювачем до 120 Н, при виході підсилювача з ладу – до 500 Н; для вантажних автомобілів без підсилювача до 250 Н;

– кочення керованих коліс з мінімальним бічним відведенням і ковзанням при повороті автомобіля;

– стабілізація повернених керованих коліс, тобто повернення в початкове положення при відпущеному кермі;

– відсутність ударів на рульовому колесі при наїзді на перешкоду;

– мінімальні зазори в з'єднаннях, що визначається сумарним люфтом на рульовому колесі: до 15° – при наявності підсилювача, до 5° – без підсилювача рульового керування; на автомобілях старого випуску – до 18° ;

– відсутність автоколивань керованих коліс при русі автомобіля;

– забезпечення безпеки водія при наїзді на перешкоду;

– забезпечення слідкуючого ефекту (водій повинен «відчувати» дорогу). Передавальне число рульового механізму η являє собою відношення кута повороту рульового колеса до кута повороту вала сошки; передавальне число для легкових автомобілів становить 16...19, для вантажних 20...23,5. Рульові керування класифікуються за низкою ознак, схема класифікації наведена на рис. 26.1.

Зв'язок кутів повороту керованих коліс визначається залежністю:

$$\operatorname{ctg} \alpha_{\text{н}} - \operatorname{ctg} \alpha_{\text{вн}} = B / L.$$

Зміну напрямку руху автомобіля можна здійснити різними способами (рис. 26.2). Найбільш поширений спосіб повороту – зміна напрямку руху – відбувається за рахунок повороту передніх коліс разом з цапфами, шарнірно встановленими на нерухомому щодо рами передньому мосту. Для забезпечення кочення коліс без бічного ковзання необхідно виконання умови (рис. 26.2, а):

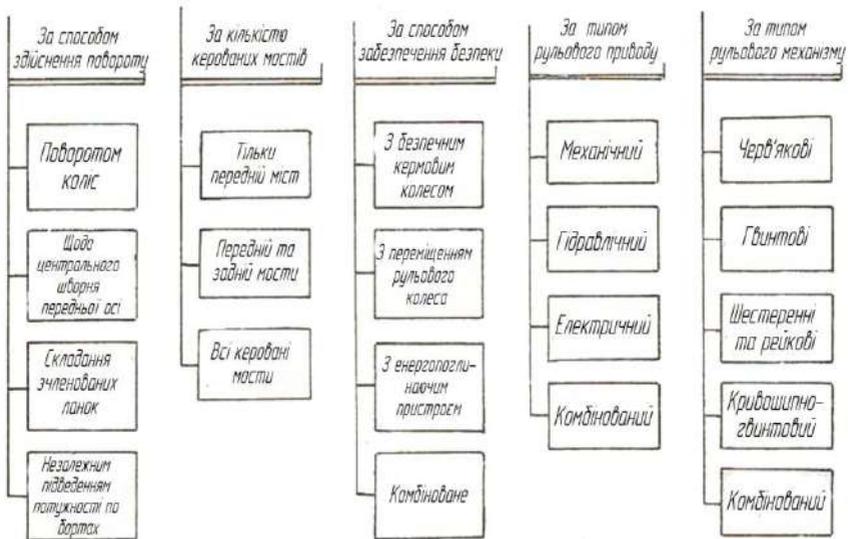


Рисунок 26.1 – Класифікація рульових керувань

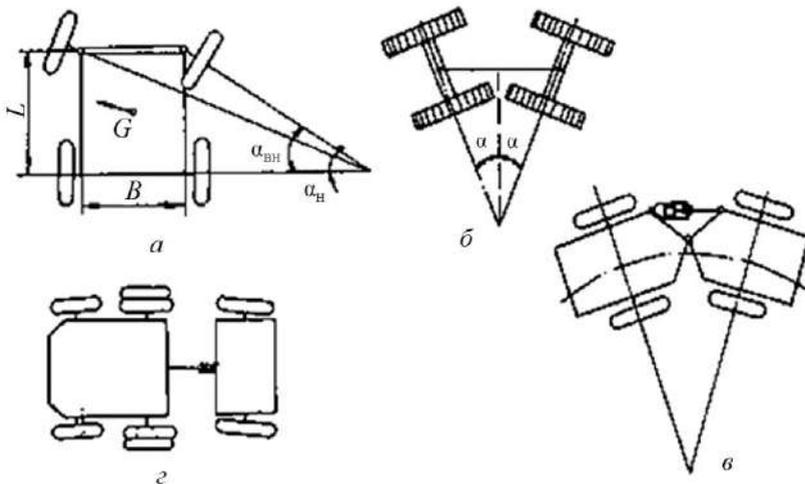


Рисунок 26.2 – Способи зміни напрямку руху

Зміну напрямку руху можна забезпечити за рахунок повороту осей щодо центрального шворня, що застосовується на спеціальних машинах, всюдиходах (рис. 26.2, б). Для зчленованих двох, трьох і чотиривісних автомобілів поворот здійснюється складанням ланок транспортного засобу (рис. 26.2, в), або передня ланка складається з рульової трапеції коліс одноосного причепа – так виконано рульове керування зчленованих автобусів (рис. 26.2, з); таким чином досягається висока маневреність при значних розмірах.

Рульове керування з передніми керованими колесами широко використовується на дво- і тривісних автомобілях завдяки своїй відносній простоті, надійності, можливості забезпечити високі швидкості руху автомобіля. У цьому випадку рульовий привід включає в себе рульову трапецію – шарнірний чотиридзвінник, утворений балкою переднього мосту (або картером переднього ведучого мосту), поперечної рульової тяги, лівим і правим важелями рульової трапеції; важелі з'єднані з поворотними кулаками цапф керованих коліс. Завдяки наявності рульової трапеції керовані колеса повертаються на різні кути, внутрішнє – на більший кут, ніж зовнішнє; різниця в кутах повороту визначається кутами нахилу лівого і правого важелів трапеції. При незалежній підвісці керованих коліс конструкція рульової трапеції ускладнюється, тому що необхідно забезпечити можливість незалежного вертикального переміщення кожного колеса. Різні схеми рульових керувань наведені на рис. 26.3.

За умовами компоновання рульову трапецію найчастіше розміщують позаду осі передніх коліс, тоді вона краще захищена від поломов. При незалежній підвісці передніх коліс (рис. 26.3, б, в) поперечну тягу трапеції виконують розрізною, що складається з двох або трьох ланок.

Завдання до роботи

1. Відповідно до прийнятої схеми класифікації охарактеризувати рульові керування автомобілів ГАЗ-53А, ГАЗ-66, ЗІЛ-130, МАЗ-5335, КамАЗ-5320, КрАЗ-255, ГАЗ-24, ВАЗ-2107, ЗАЗ-1102.

2. За плакатами і макетами вивчити конструкцію елементів рульового керування автомобіля ГАЗ-66, схема якого наведена на рис.

26.4. При вивченні особливу увагу звернути на конструкцію рульового механізму (рис. 26.5).

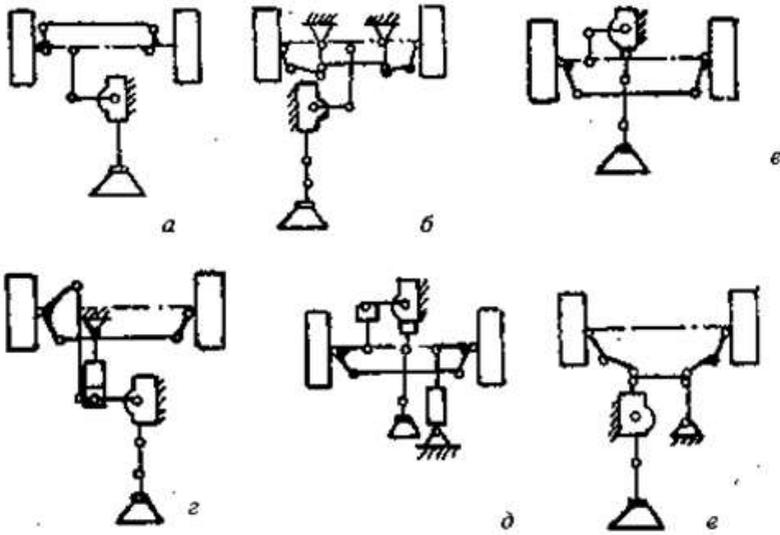


Рисунок 26.3 – Схеми рульових керувань з передніми колесами:
a – з передньою нерозрізною трапецією; *б* – з розрізною трапецією і двома маятниковими важелями; *в* – з розчленованим рульовим валом;
г – з нерозрізною трапецією і рульовим підсилювачем; *д* – з нерозрізною трапецією і розділним рульовим підсилювачем; *е* – з розрізною трапецією і одним маятниковим важелем

Рульовий механізм виконаний у вигляді глобоїдного черв'яка 8 і знаходиться з ним у зачепленні триребеневого ролика 12, який імітує три зуба черв'ячної шестірні. Черв'як напесовано на шліці вала рульового колеса 9 і встановлено в чавунному картері 7 на двох конічних роликотпідшипниках 4 і 11. Триребневий ролик встановлено на двох шарикотпідшипниках; вісь ролика закріплена на вилчатому кривошипі 13 вала 2 сошки 1. Вал сошки спирається заднім кінцем на роликотпідшипник, переднім – на бронзову втулку; кінець вала сошки має ущільнення. Вал сошки має конічні шліці трикутного профілю, на яких

встановлюється сошка 1; здвоєний шліц забезпечує правильність установки сошки під необхідним кутом. На картері рульового механізму є виступи – службові упори для ролика при поворотах сошки з середнього положення в крайні на кут 45° .

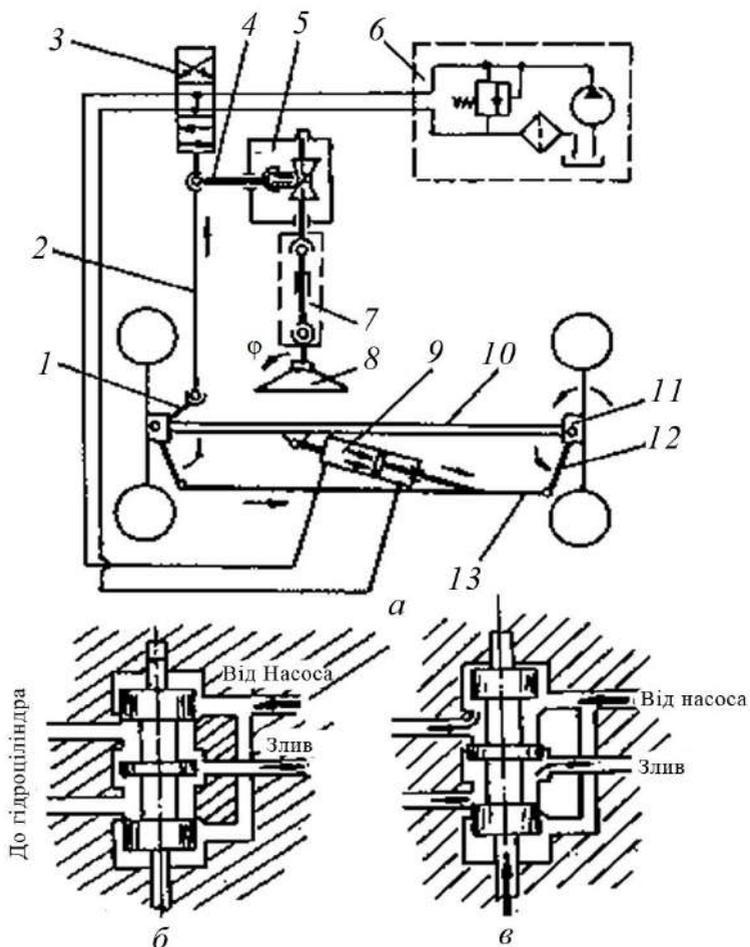


Рисунок 26.4 – Схема рульового керування автомобіля ГАЗ-66:
а – привід; *б* – золотник у нейтральному положенні, прямолінійний рух;
в – золотник у положенні лівого повороту

Деталі рульового приводу шарнірно з'єднані між собою. Кожен шарнір складається з пальця, сухарів, що охоплюють сферичними поверхнями кульову головку пальця, пружини і обмежувача; пружини в шарнірах не допускають утворення зазорів і пом'якшують поштовхи з боку коліс. Рульова колонка 7 служить для передачі зусилля з рульового колеса 8 на рульовий механізм 5. Рульова колонка виконана розчленованою, включає в себе два карданних шарніра і телескопічний рульовий вал: кріплення рульового колеса дозволяє регулювати його положення відповідно до зросту водія, а наявність запобіжного пальця руйнується при регламентованому зусиллі, покращує пасивну безпеку водія.

При повороті рульового колеса (наприклад, вліво) черв'як повертає (через ролик) нижній кінець сошки вперед по ходу автомобіля; сошка через поздовжню тягу і сполучену з нею рульову трапецію повертає напрямні колеса наліво. У разі значного опору повороту керованих коліс поздовжня рульова тяга чинить більший опір переміщенню сошки, водій прикладає більше зусилля до керма, і сошка, долаючи опір пружин, переміщає золотник розподільника гідропідсилювача; рідина під тиском надходить у силовий циліндр 9 гідропідсилювача. Підключений паралельно основній механічній гілці гідропідсилювач є гідростатичним приводом, що забезпечує залежність кута повороту коліс автомобіля від кута повороту рульового колеса. Крім силового гідроциліндра 9 і трипозиційного золотника 3, гідросистема включає в себе блок насоса 6, куди входять: насос, бачок для робочої рідини, запобіжний клапан, фільтр. Робота розподільника 3 при переміщенні золотника (лівий поворот) показана на рис. 26.4, в.

Зусилля на рульовому колесі, відповідно до включення підсилювача, залежить від попереднього стиснення центруючих пружин і тертя в рульовому приводі та розподільнику; ця величина – до 50 Н.

3. За плакатами і макетами самостійно вивчити рульове керування автомобіля ЗІЛ-130, скласти технічний опис. Рульовий механізм типу гвинт – гайка – рейка – сектор автомобіля ЗІЛ-130 поданий на рис. 26.6. При вивченні звернути увагу на вбудований гідропідсилувач, в якому функцію поршня силового гідроциліндра виконує гайка – рейка 5 рульового механізму, а функцію циліндра – корпус 4 рульового механізму.

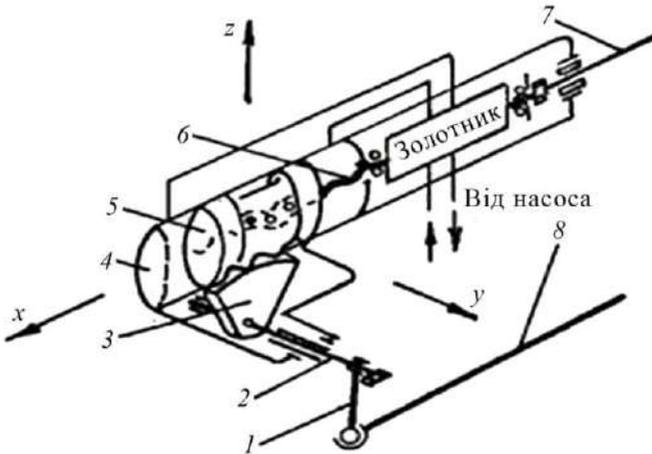


Рисунок 26.6 – Схема рульового механізму автомобіля ЗІЛ-130:

- 1 – сошка; 2 – вал сошки; 3 – сектор; 4 – корпус рульового механізму;
 5 – гайка–рейка рульового механізму; 6 – гвинт;
 7 – вал рульової колонки

Водій за допомогою рульового колеса через вал і карданну передачу обертає гвинт 6, за яким на циркулюючих кульках переміщається кулькова гайка; разом з нею вздовж гвинта переміщається поршень – рейка, повертаючи зубчастий сектор 3 вала 2 сошки 1. Зазор у зачепленні рейки і сектора можна регулювати, зміщуючи в осьовому напрямку вал сошки, оскільки зуби мають змінну по довжині товщину (виконані на

у середньому положенні. Якщо осьова сила, що виникає при обертанні, більше ніж сила попереднього стиснення пружин, то гвинт і золотник зміщуються вгору або вниз залежно від напрямку обертання гвинта, з'єднуючи одну з порожнин картера рульового механізму з магістраллю високого тиску, а другу – зі зливним каналом. Поворот коліс полегшується завдяки додатковій силі, створюваній тиском масла на поршень. Положення елементів гідروпідсилювача на рис. 26.7 відповідає прямолінійному руху автомобіля, стрілками показано переміщення деталей рульового керування при повороті ліворуч.

4. Використовуючи плакати і макети самостійно вивчити рульове керування автомобіля МАЗ-5335, скласти його технічний опис. При вивченні використати схему рис. 26.8, проставивши позиції деталей.

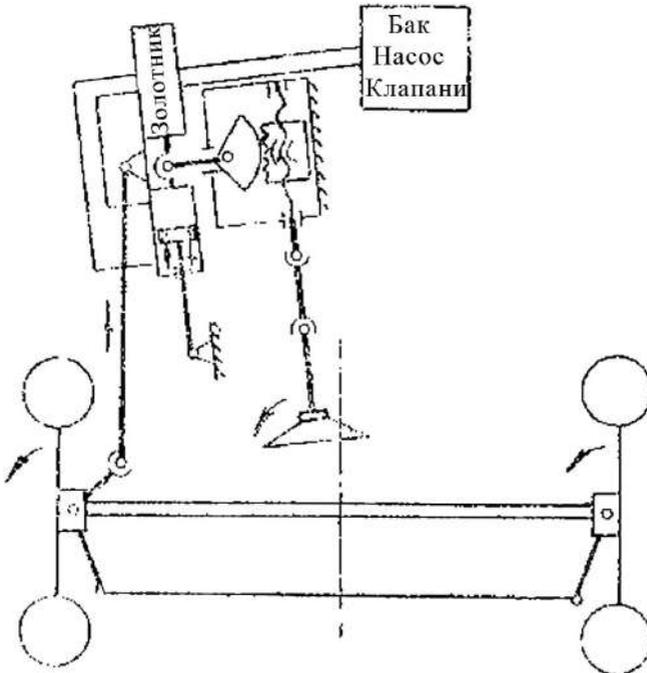


Рисунок 26.8 – Схема кермового керування автомобіля МАЗ-5335

5. Використовуючи плакати і макети вивчити рульове керування автомобіля КамАЗ-5320, скласти схему та технічний опис, вказати необхідні регулювання і технічний опис.

6. Вивчити конструкцію і роботу рулевих механізмів задньопривідних легкових автомобілів з незалежною підвіскою керуючих коліс автомобілів класу 2, 3, скласти схему і технічний опис рулевого керування.

7. Використовуючи плакати і макети вивчити рульове керування передньопривідного автомобіля з незалежною підвіскою ЗАЗ-1102, схема якого наведена на рис. 26.9.

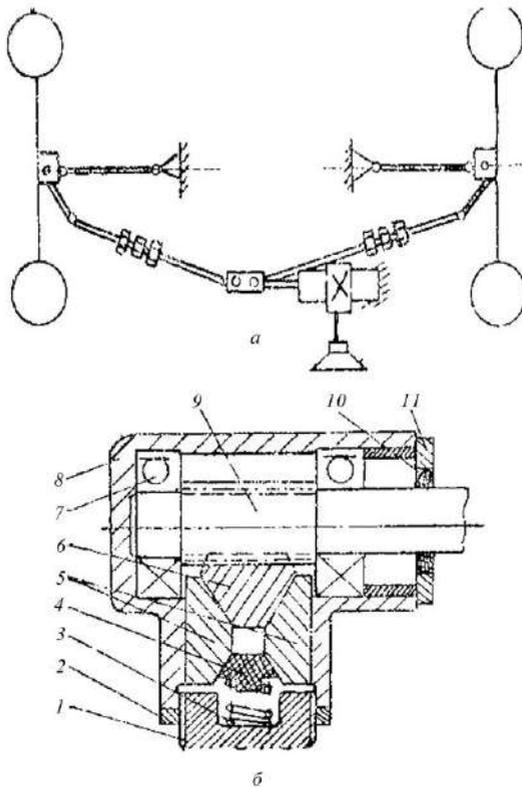


Рисунок 26.9 – Схема кермового керування автомобіля ЗАЗ-1102:
а – рульовий механізм та тяги; б – рульовий механізм

На ділянці зчеплення рейка піджимається до шестірні упором 5, що складається з двох частин; піджимання здійснюється підп'ятником 4 і пружиною 3, що упирається в пробку картера і стопорить гайкою 2. Рульовий механізм закритий чохлом, а з боку хвостовика шестірні кришкою 11 і ущільненням 10. Механізм змащується спеціальним мастилом ФІОЛ-1 на весь термін служби.

У консольній частині рейки встановлено кронштейн, до якого кріпляться ліва і права тяги; кожна тяга складається з внутрішньої і зовнішньої половин, з'єднаних стяжкою. Обертанням стяжки регулюється сходження коліс. Для регулювання зазору в зачепленні шестірня-рейка необхідно відпустити гайку 2, загорнути пробку 1 до упору, а потім відпустити її на половину межі. Осьовий люфт шестірні регулюється прокладками.

8. Визначити експериментальним шляхом передавальне число рульового механізму автомобіля ЗАЗ-1102, заміряючи поворот рульового колеса і відповідний йому поворот керованих коліс у декількох точках, побудувати характеристику. Дати аналіз.

9. Заміряти сумарний люфт у системі рульового керування автомобіля ЗАЗ-1102; у разі збільшеного люфту знайти причини цього.

Таблиця 26.1 – Перелік матеріалів, застосовуваних для рульових керувань

Найменування деталі	Матеріал	Коментарі
Рульовий вал	Сталь 20, 35, 40, 45	
Черв'як глобоїдний	Сталь 35Х, 40Х, 20ХНМ	Ціанування, гарт
Ролик	Сталь 12ХН3А, 20Х2Н4А	Цементация, гарт
Гвинт, гайка, рейка, сектор	Сталь 25ХГТ, 20ХН3А, 35Х, 40ХМ	Цементация, гарт

Кінець табл. 26.1

Кульки гвинтового механізму	Сталь 25ХГТ, ШХ15	
Вал сошки	Сталь 30Х, 35Х, 30ХМ	
Картер рульового механізму	Чавун КЧ 35, КЧ 37 Сплав АК9, АЛ4, АЛ9В	
Пальці шарнірів	Сталь 12ХНЗА, 18ХГТ	Цементация, гарт
Сошка, важелі, тяги	Сталь 35Х, 40Х, 40ХН	

Контрольні запитання

1. Призначення рульового керування і вимоги, що висуваються до нього (вказати конкретні параметри).
2. Вузли, що входять до складу рульового керування, їх функції.
3. Рульовий привід, його деталі, робота.
4. Рульовий механізм, призначення, основні типи.
5. Конструкція, робота, регулювання рульового механізму типу черв'як-ролик.
6. Конструкція, робота, регулювання механізму типу гвинт – гайка.
7. Конструкція, робота, регулювання механізму типу черв'як – сектор.
8. Конструкція, робота, регулювання рульового механізму реєчного типу.
9. Застосування гідروідсилювача в кермовому керуванні, його робота.
10. Гідрооб'ємне кермове керування.
11. Призначення рульового керування.
12. Вузли, що входять до складу рульового керування.
13. Призначення і деталі рульової трапеції.
14. Призначення і особливості роботи рульового механізму.
15. Призначення гідроідсилювача в кермовому керуванні.

Лабораторна робота 27

СУЧАСНІ СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Мета роботи – вивчити пристрій та роботу сучасних систем рульового керування автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати з конструкції рульових механізмів;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій рульових механізмів;

- рульові механізми в розрізі;

- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити будову та конструктивні особливості рульових механізмів;
- вивчити призначення та взаємодію основних елементів вузла;
- вивчити особливості рульових механізмів з різними підсилювачами руля.

Рульове керування: від важеля до автономного керування

Прагнення комфорту – двигун прогресу. Це твердження справедливе абсолютно для всіх винаходів, будь то пульт дистанційного керування телевизором або мультимарка. Підсилювач рульового керування (рис. 27.1) дозволяє перетворити керування автомобілем з непростого

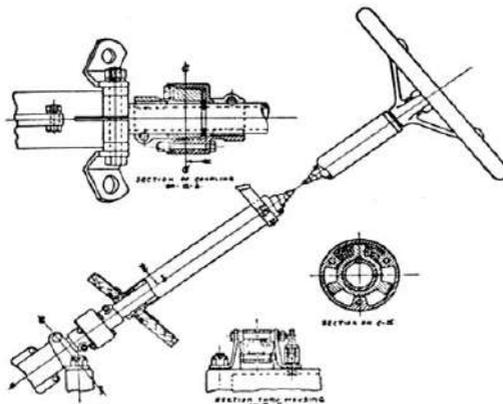


Рисунок 27.1 – Один із перших креслеників звичної нам системи рульового керування

заняття на приємну розвагу. Сучасні ГПР/ЕПР взагалі наближають нас до епохи автономного автомобіля.

Енциклопедії стверджують, що першим автомобілем з рульовим колесом, а не з рукояткою як орган керування (рис. 27.2), стала модель марки *Panhard*, на якій в 1894 Альфред Вашерон взяв участь у гонці Париж - Руан. Вже через чотири роки на всіх машинах *Panhard-Levassor* встановлювалося колесо, а приклад французів наслідували інші автовиробники.

Незважаючи на збільшення комфорту, керування першими автомобілями продовжувало залишатися справою непростого – крутити колесо було дійсно чоловічою професією, яка вимагала значних фізичних сил. Спочатку у шоферів вантажних машин навіть були спеціальні помічники, які не тільки виконували роль механіків, але й допомагали водієві справлятися з кермом на крутих поворотах.

Тому не дивно, що ще до впровадження рульового колеса з'явилися пристрої, які полегшують поведження з важелем-рукою. Якщо вірити Морту Шульцу, який опублікував до століття винаходу рульового керування з підсилювачем у 1985 році статтю в журналі «Популярна механіка» під назвою «*Steering: A Century of Progress*», першість належить винахіднику на прізвище Фітс. Це він запропонував свою систему підсилювача рульового керування у 1876 році. Але, на жаль, про неї ми знаємо дуже мало. У квітні 1900 року було видано патент *U.S. Patent 646,477*, в якому описується система повного приводу та рульового механізму з підсилювачем, винайдена жителем Піттсбурга (штат Пенсільванія) Робертом Твайфордом. У 1902 році англієць Фредерік Ланчестер запатентував свою гідравлічну систему, а через два роки було видано патент на іншу систему, з вакуумним підсилювачем в основі.

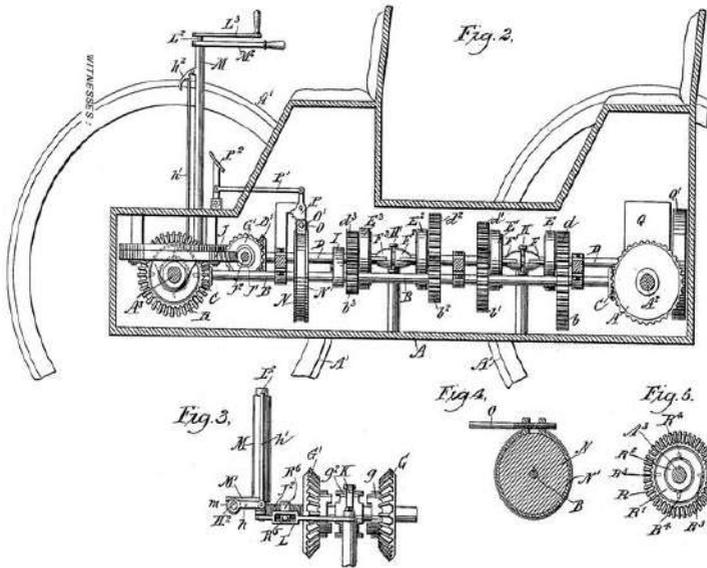
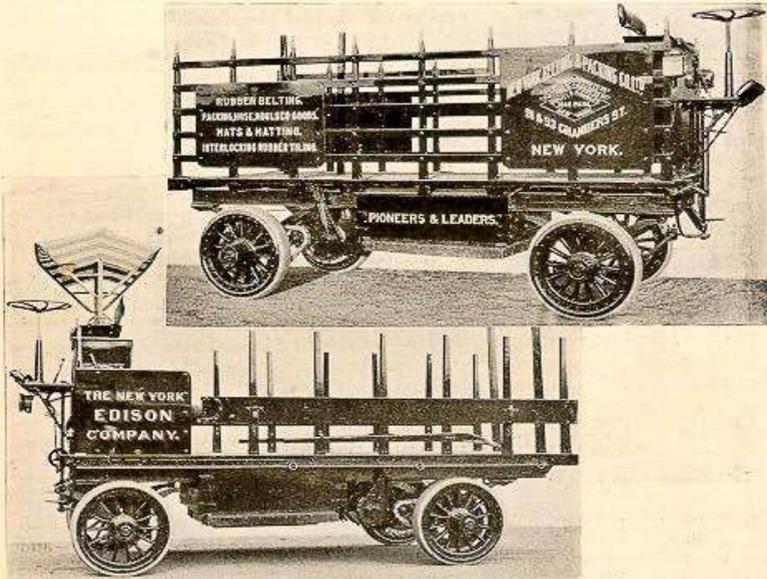


Рисунок 27.2 – Система повного приводу та рульового механізму з підсилювачем

Жоден із цих патентів не знайшов собі місця на серійному автомобілі. Першим серійним автомобілем з підсилювачем керма стала п'ятитонна вантажівка *Columbia*, яка була випущена в 1903 році. Автори публікації в журналі *Motor Age* (рис. 27.3), що вийшла в 1905 році, із захопленням описували, як з цим удосконаленням важка вантажівка «зберігав курс і легко керувався на швидкості 18 миль на годину». З того часу системи рульового керування, засновані на вакуумі або стиснутому повітрі, зайняли своє місце на комерційному транспорті. До недоліків пневматики відносять те, що вона була неприємно шумною і через велику пружність повітря не могла гасити удари від дорожніх нерівностей. Якщо на вантажних машинах це було допустимо, то на швидкісному легковому автомобілі зовсім неприйнятно.

Two Trucks Seen on City Streets

HOW intimate the connection between motor vehicles and the business houses which have a great deal of hauling to be done is becoming, is made clear by such pictures as the one appearing on this page. It depicts two of the five-



ton trucks which the Electric Vehicle Company is putting out. The widely separated character of the firms operating the trucks is made plain by the lettering on the cars.

Рисунок 27.3 – Перший серійний автомобіль з підсилювачем керма

Прогрес спонукала війна. Інженер підрозділу вантажних автомобілів компанії *Pierce Arrow* Френсіс Девіс (рис. 27.4) у 20-х роках XX століття почав досліджувати, як полегшити рульове керування і в 1926-му, базуючись на гідравлічних системах, що використовувалися на морських судах, створив та продемонстрував першу придатну до серійного виробництва систему рульового керування з гідропідсилювачем, з можливістю встановлення на легковій моделі *Cadillac*.



Рисунок 27.4 – Винахідник ГПР Френсіс Девіс

Після цього Девіс перейшов на службу *General Motors* і там зайнявся удосконаленням своєї розробки. Але автовиробник вважав, що пристрій виходить надто дорогим у виробництві. У 1934 році Девіс покинув *GM* і в 1936 році підписав контракт з виробником комплектуючих для автомобілів – фірмою *Bendix*. До 1939 року було випущено десять моделей гідравлічних систем Девіса, але тільки дві з них пішли в серію на експериментальних версіях моделей марки *Buick*.

Ось і розгорілася Друга світова. У збройних сил виникла потреба у полегшенні керування важкими машинами – бронеавтомобілями та тягачами-евакуаторами. Роботи Девіса знайшли своє застосування вже в 1940 році, коли почалося встановлення ГПР *Bendix-Davis* на бронемашини *Chevrolet*, що поставлялися англійській армії. До 1945 року військовими дорогами колесило щонайменше 10 000 одиниць техніки, обладнаної ГПР.

Більшість сучасних автомобілів з підсилювачем мають гідравлічний підсилювач рульового керування, в якому насос, що наводиться від

двигуна автомобіля (джерело енергії), створює тиск у гідравлічному циліндрі (силовий елемент). Найбільш поширені гідропідсилювачі, в яких силовий та розподільний елементи об'єднані з рульовим механізмом в одному корпусі (гідроруль). Поршнем гідроциліндра в рейковому рульовому механізмі є рейка, в механізмі гвинт-гайка-рейка – сектор-гайка. Керуючий пристрій виконано у вигляді золотника на вхідному валу механізму, який при прикладанні зусилля до рульового колеса повертається (або зміщується), перекриває певні канали для проходу рідини і тим самим з'єднує праву або ліву порожнину гідроциліндра з гідравлічним насосом. На деяких автомобілях (багатовісні, важкі вантажівки) гідроциліндр встановлюють у безпосередній близькості від керованого колеса для зниження навантажень на рульовий привід.

Після війни *Chrysler* розпочав розробку власного ГПР на основі прострочених патентів Девіса. Розробку для *GM* вела компанія *Saginaw Steering Gear Division* (згодом – *Delphi Steering*), утворена з фірми *Jackson, Wilcox and Church*, що існувала на початку століття, яка спеціалізувалась на системах приводу та рульового керування. Комерційна версія її ГПР вперше була показана на моделі *Chrysler Imperial* та отримала назву *Hydraguide*. *GM* уклали угоду з Девісом, і до 1953 року його система була встановлена на 1 млн автомобілів. До 1956 року кожен четвертий автомобіль на дорогах був оснащений ГПР, а в наступному десятилітті їх кількість збільшилася за 3,5 млн.

Подальші розробки *GM* привели до появи в 1960 році рульового колеса з регульованим нахилом, півосей для передньопривідних моделей та енергопоглинаючої рульової колонки.

У 1970 році компанія представила свою першу рульову колонку з подушкою безпеки, а в 1995-му продемонструвала першу модель електропідсилювача рульового керування зі змінним залежно від швидкості зусиллям. Тоді ж, наприкінці 1960-х, *General Motors* запропонувала на моделі *Pontiac* систему рульового керування з гідропідсилювачем зі змінним ставленням передавальних чисел.

Конкуренти *Chrysler* та *GM* також вели свої розробки, причому дуже оригінальні. Так, у 1965 році компанія *Ford* випустила і передала для тестування представникам ЗМІ кілька машин *Mercury Park Lane* (рис. 27.5) з двома маленькими рульовими коліщатами, розташованими з боків рульової колонки та з'єднаними ланцюговою передачею. У маленьких (127 мм) рульових «кілець» було дуже велике передавальне число (15:1) та резервний електрогідравлічний насос. Футуристичного вигляду кермо дозволяло заправити величезний седан у поворот буквально одним рухом зап'ястя або великого пальця, за що і отримав у захопленої преси найменування *wrist-twist instant steering*.



Рисунок 27.5 – *Mercury Park Lane*

Не відставали від американців у Європі. Французи із *Citroën* у 1970 році вразили автомобільний світ своєю системою *DIRAVI*. Цей акронім від французького *Direction à rappel asservi* у перекладі означає «керування з регульованим поверненням». У Великобританії система продавалася під назвою *Varipower*, а США як *SpeedFeel*. Це був перший комерційно доступний підсилювач рульового керування зі змінним зусиллям. Активно допомагаючи на малих швидкостях, він менше впливав на керування на високій швидкості. Система *DIRAVI* була доповненням до інтегрованої гідропневматичної підвіски та гальмівної системи *Citroën*, але крім своєї гідравлічної частини не залежала від неї.

Розробка *Citroen* виділялася тим, що в ній не було прямого механічного з'єднання між рулем і колесами під час нормальної роботи системи. Підсилювач працював навіть при вимкненому моторі, кермо автоматично поверталася в середнє положення, а зусилля на ньому змінювалося пропорційно швидкості та куту повороту коліс. Машина з *DIRAVI* могла їхати прямо, зберігаючи курс незалежно від того, чи були на її шляху вибоїни та колія – зміна напрямку здійснювалася лише водієм.

До недоліків *DIRAVI* відносили її чутливість та високу швидкість спрацьовування, які вимагали певного звикання. Крім того, водій мав шукати візуальні підказки, щоб визначити межу зчеплення із дорогою.

Система була використана на *Citroen SM*, *Citroen CX*, *Citroen XM* з мотором *V6*, *Maserati Quattroporte II*, *Maserati Khamsin*.

В 1986 році під маркою *Servotronic* (рис. 27.6) була випущена одна з перших масових систем гідروпідсилювача, чутливого до швидкості автомобіля. Конструкція, розроблена німецькими компаніями *ZF Friedrichshafen AG* і *Robert Bosch GmbH* і була використана на машинах більше десятка провідних брендів.

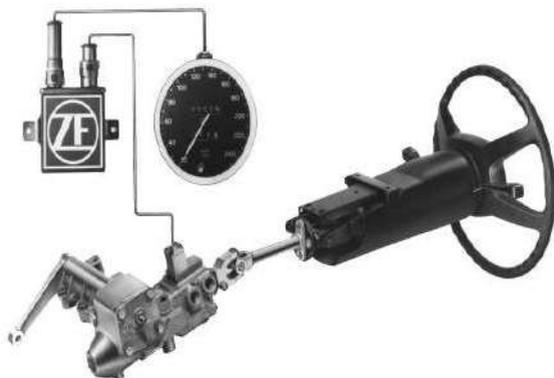


Рисунок 27.6 – *ZF-Servotronic*

Принцип роботи *Servotronic* полягав у тому, що на невеликій швидкості, особливо під час паркування, задіюється максимальне гідравлічне посилення системи та забезпечується чудова маневреність

без зайвих зусиль для водія. На високих швидкостях вплив роботи підсилювача зменшується, руль стає жорсткішим і точнішим, забезпечуючи високу чутливість і стійкість. *Servotronic* був побудований на основі спеціального гідророзподільника з додатковими компонентами (електрогідравлічний перетворювач, реактивний плунжер, зворотні клапани та клапан відсічення) та отримує інформацію про швидкість руху транспортного засобу через електронний блок керування. Ця складна гідромеханічна система регулює рівень зусилля за необхідності підвищуючи чи знижуючи його.

У 1989 році перше покоління *Servotronic*, засноване на розподільнику типу «поршень, що обертається», було замінено на виконання з розподільником типу «обертвий золотниковий клапан». Наступна модернізація рульової системи відбулася в 1998 році та отримала назву *Servotronic 2*. Усього було вироблено понад 12 млн. таких рульових рейок.

Призначення підсилювача рульового керування

Габарити та маса легкових автомобілів будь-яких класів з часом тільки збільшуються, і застосування рейкового рульового механізму часто недостатньо для забезпечення комфортного керування транспортним засобом. Єдиним правильним інженерним рішенням було впровадження у систему рульового керування підсилювача.

На сьогоднішній день існують два типи підсилювачів рульового керування:

- гідравлічний;
- електромеханічний.

Гідравлічний підсилювач рульового керування

Система з гідравлічним підсиленням рульового керування (рис. 27.7) включає:

- насос (з розширювальним бачком);
- контрольний клапан;
- виконуючий механізм;
- робочу рідину.

Насос створює надлишковий тиск робочої рідини у системі. При обертанні рульового колеса контрольний клапан зміщується та відкриває

канал у виконавчий механізм для робочої рідини під тиском. У виконавчому механізмі знаходиться поршень, пов'язаний через шток (тягу) з рульовою трапецією. Під тиском робочої рідини поршень переміщується, створюючи додаткове зусилля на рульовому приводі, зменшуючи тим самим зусилля, що вимагається від водія для обертання рульового колеса.

Залежно від того, в який бік обертається колесо, робоча рідина під тиском подається в порожнину над поршнем або під ним.

Коли руль стоїть по центру, насос перекачує робочу рідину без навантаження практично вхолосту. Як тільки руль починає повертатися, тиск рідини в системі зростає і досягає максимуму при крайньому (правому або лівому) положенні рульового колеса.

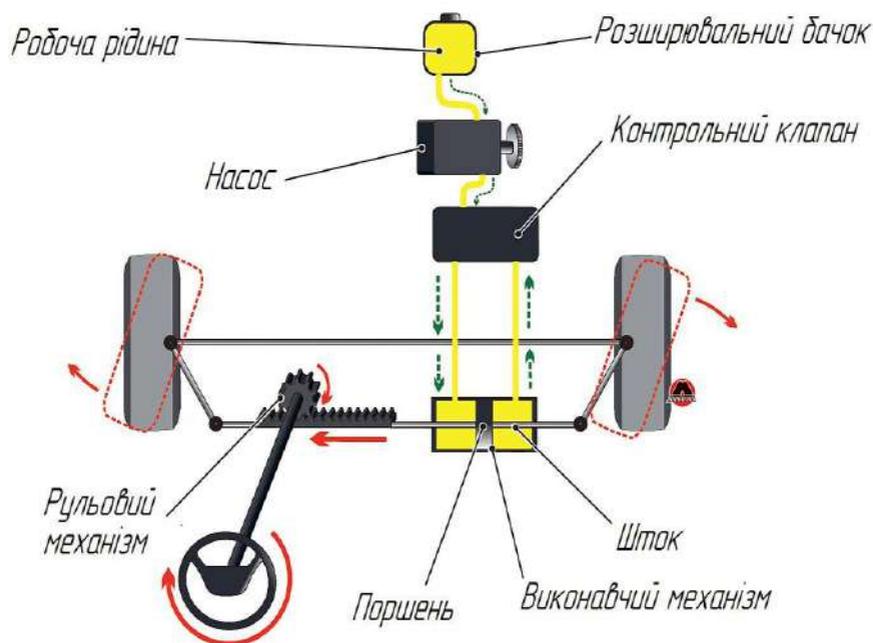


Рисунок 27.7 – Принципова схема системи гідравлічного підсилювача рульового керування

В автомобілі з гідравлічним підсилювачем рульового керування (рис. 27.8) забороняється тривалий час утримувати руль в одному з крайніх положень, оскільки це може призвести до пошкодження нагнітального насоса.



Рисунок 27.8 – Рульовий механізм із гідравлічним підсилювачем

Насос може наводитися пасом від двигуна або окремого електродвигуна.

Різновидом гідропідсилювача є електродвигуновий підсилювач, в якому гідравлічний насос з'єднаний з електродвигуном, що живиться від електромережі автомобіля. Конструктивно електродвигун та гідронасос об'єднані у силовий блок (*Powerpack*). Переваги такої схеми: компактність, можливість функціонування при непрацюючому двигуні (джерело енергії – АКБ автомобіля); включення гідронасоса лише у необхідні моменти (економія енергії), можливість застосування електронних схем регулювання у ланцюгах електродвигуна.

Використання електричних систем

У 2001 році ZF перейшла від гідравліки до електричних систем під назвою *Servolectric* (рис. 27.9). Вони використовують електродвигун, який споживає електроенергію лише у момент спрацювання рульового керування. Завдяки цьому загалом економиться 0,4 л палива на 100 км пробігу проти традиційних гідропідсилювачів.



Рисунок 27.9 – ZF Servolectric

У 1988-му році адаптивна електрогідравлічна система *Cybrid*, яка змінювала ступінь допомоги водієві залежно від швидкості машини, з'явилася і у японців на моделі *Subaru XT6* (рис. 27.10). Двома роками пізніше японська *Toyota* представила друге покоління свого «*Porsche для секретарки*» – родстера *MR2* з електрогідравлічним підсилювачем руля. Головною перевагою нововведення стала незалежність системи від непрацюючого ДВЗ. У 1994-му році *Volkswagen* випустив *Golf Mark 3 Ecomatic* з електричним насосом, який міг працювати поки комп'ютер відключав ДВЗ для економії палива.



Рисунок 27.10 – Subaru XT6

Перша модель з ЕПР зі змінним передавальним числом була випущена на ринок японської *Honda* в 2000 році – це родстер *S2000 Type V* з системою *VGS*. Аналогічну розробку через три роки показала *Toyota*

на моделях *Lexus LX 470* і *Cygnus*. У тойотівській версії робота підсилювача кермового керування була пов'язана з електронною системою контролю стійкості.

Подальшим розвитком ЕПР та одним з важливих кроків на шляху вже не просто до комфорту, а до автономного автомобіля стало рульове керування, яке використовує принцип *Drive-by-Wire*, що має на увазі відсутність фізичного зв'язку між кермом і колесами та передачу зворотної реакції за допомогою електромоторів. Першим серійним автомобілем з комп'ютерним рулем з системою *DAS (Direct Adaptive Steering)* став *Infiniti Q50 (Nissan Skyline)*.

Розробники *DAS* із компанії *KYB* стверджують, що завдяки відсутності механічного зв'язку між органами керування та керованим елементом конструкції можна найбільш точно та швидко реагувати на зміну умов руху і максимально ефективно керувати транспортним засобом. Втім, фізичний зв'язок між рулем і колесами залишено на випадок виходу з ладу електроніки – збережено класичний рульовий вал, що забезпечує зв'язок рульової рейки та рульового колеса, але в штатних режимах руху кулачкова муфта, вбудована в розріз вала, розімкнена. Таким чином, повертаючи руль, водій лише показує свій намір. Далі в роботу вступає ціла група датчиків, електронних блоків та виконавчих механізмів на рульовій рейці, які забезпечують необхідний кут повороту коліс. Водій отримує необхідний зворотний зв'язок за допомогою унікального реакційного двигуна. Керуюча електроніка багаторазово резервована і містить три однакові блоки керування, які повністю дублюють роботу один одного і постійно обмінюються інформацією. У разі виявлення збою в роботі хоча б одного електронного блока, система вирішує замкнути муфту на валу і відключається. Принцип резервування також поширюється і на керуючі механізми – на рульовій рейці з обох боків встановлені дублюючі привідні електромотори, готові будь-якої миті надати один одному електромеханічну «підтримку».

Як заявляють у *KYB*, у майбутньому, коли подібні системи в автомобілях зовсім не матимуть рульового вала, можна буде практично

виключити можливість зміщення рульового колеса в салон у разі аварії, що стане переворотом у пасивній безпеці автомобілів.

Про те, що водієві майбутнього відведено роль статиста, який насолоджується комфортом у салоні, думають і в іншій компанії, робота якої визначає сьогодні майбутнє систем рульового керування – *TRW*.

У автосалоні у Франкфурті *TRW* продемонструвала різні інтелектуальні контролери та новий блок керування двигуном (*ECU*). Останній дозволяє інтегрувати в одне ціле різноманітні функції шасі та електронні системи, такі як керування гальм та електричним приводом рульового механізму, системи безпеки водія та пасажирів, круїз-контроль. У найближчому майбутньому кермове керування адаптуватиметься не тільки реагуючи на зміни швидкості автомобіля, але й отримуючи інформацію від навігаційної системи, інших автомобілів та хмарних серверів.

На шоукар *Rinspeed XchangE* в очі впадали незвичайний дизайн кузова і золоті годинники, поміщені в обертовий кришталевий глобус на приладці концепту, але публіка більш уважно дивилася серед іншого і руль майбутнього. Використовуючи технологію *Drive by Wire* при їзді в штатному автономному режимі, руль розташовується по центру і може переміщатися вздовж передньої панелі.

У разі виникнення позаштатної ситуації будь-який з пасажирів передніх сидінь може буквально перехопити керування, зрушивши його до себе. Сама панель є величезним 1,2-метровим сенсорним екраном з двома напрямними, по яких і переміщується кермовий модуль від *TRW*, здатний розпізнавати дотик рук власника. Причому, як пропонують нам творці концепту, більшу частину часу руль в автомобілі майбутнього проведе в положенні «автомат».

Гідравлічний та електричний підсилювач кермового керування

Гідравлічний, або *HPS* (кермо під високим тиском), складається з кулькового рульового механізму з рециркуляцією або рейкової передачі. Обидві системи вважаються допоміжними системами

кермового керування з гідропідсилювачем, що дозволяють водієві керувати автомобілем, якщо двигун, що приводить в дію насос кермового керування з гідропідсилювачем, не працює і, отже, не подає рідину в рульовий механізм. Гідравлічні системи використовують потужність двигуна за допомогою паса, який передає момент до насоса для циркуляції рідини по системі.

Навіщо потрібна рідина для гідропідсилювача руля? Рідина передає потужність на підсилювач рульового керування. Насос гідропідсилювача рульового керування забезпечує подачу рідини під тиском, дозволяючи переміщати гідравлічний поршень у рульовому механізмі, що значно знижує зусилля, необхідне для повороту рульового колеса. Поворотний регулюючий розподільник подає тиск на поршень залежно від напрямку, в якому треба повернути, і відпускає його з протилежного боку. У міру збільшення тиску поршень переміщається, змушуючи колеса повертатися ліворуч або праворуч. Завдяки вдосконаленням транспортних засобів сучасні системи здатні визначати швидкість транспортного засобу та уповільнювати передачу сигналу від рульового колеса на рульовий механізм, щоб знизити чутливість на більш високих швидкостях із метою безпеки.

Згодом бруд та сміття, а також ослаблені компоненти кермового керування з підсилювача можуть забруднити рідину. Ось чому так важливо промивати рідину гідропідсилювача кермового керування кожні 50 000 км. Відмова від цього може призвести до більш інтенсивної роботи насоса та передчасного зношування. Між промиваннями обов'язково треба перевіряти рівень рідини.

Електромеханічний підсилювач кермового керування

Можливі такі варіанти компонування (рис. 27.11) електричного підсилювача:

- зусилля електродвигуна передається на вал рульового колеса;
- зусилля електродвигуна передається на вал шестірні рейкового рульового механізму;

– електродвигун впливає через гвинтову гайку на рейку рульового механізму.

Електричний підсилювач з впливом на вал рульового колеса може бути встановлений без серйозних переробок на автомобілі за умови, що міцність деталей рульового керування виявиться достатньою.

Поки що електричні підсилювачі застосовуються лише на легкових автомобілях, оскільки існуючі бортові джерела електроенергії не можуть забезпечити роботу електродвигуна високої потужності. Але у разі переходу на більш високу напругу бортової мережі (наприклад, 48 В) очікується розширення сфери застосування електричних підсилювачів.



Рисунок 27.11 – Електричні підсилювачі кермового керування:

а – з впливом на рульовий вал; *б* – з впливом на шестірню рульового механізму;
в – з впливом на рейку рульового механізму

Електричний підсилювач кермового керування з двома привідними шестернями

Основними компонентами кермового керування є (рис. 27.12):

- рульове колесо;
- підрульові перемикачі з датчиком кута повороту рульового колеса;
- рульова колонка;
- датчик крутного моменту на рульовому колесі;
- рульовий механізм;
- електродвигун підсилювача;

– блок керування підсилювачем рульового механізму.



Рисунок 27.12 – Загальний вигляд електричного підсилювача із двома привідними шестернями

Рульовий механізм (рис. 27.13) містить датчик крутного моменту на рульовому колесі, торсіон, привідні шестірні підсилювача і вала кермового керування, черв'ячну передачу і електродвигун з блоком керування. Основною деталлю рульового механізму з електричним підсилювачем є рейка із зубами на двох ділянках.

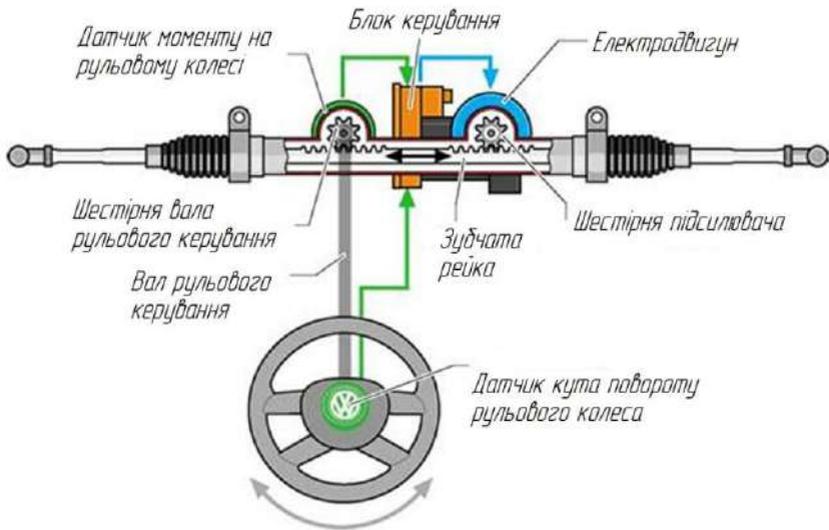


Рисунок 27.13 – Схема рульового механізму

Основою для розрахунку необхідного підсилювального моменту рульового механізму є значення моменту, з яким водій повертає руль. Для визначення цього моменту є датчик моменту повороту рульового колеса. Як і у звичайному кермовому керуванні з гідропідсилювачем, рульовий вал і вал-шестірна з'єднані між собою стрижнем торсіонним. Коли водій повертає руль, торсіонний стрижень закручується. При цьому рульовий вал виявляється повернутим щодо вала-шестірни на кут, величина якого залежить від моменту, що додається водієм до рульового колеса. Датчик моменту повороту рульового колеса вимірює цей кут.

Кільцевий постійний магніт із вісьмома парами полюсів жорстко пов'язаний із рульовим валом (рис. 27.14). Два зубчаті диски, з вісьмома зубами кожен, жорстко з'єднані з валом-шестірнею. При цьому ці диски повернуті один щодо одного так, що якщо дивитися зверху (вздовж осі вала), то зуби одного диска будуть точно в проміжках між зубами іншого диска. Посередині між обома дисками знаходяться два датчики Хола, що жорстко з'єднані з корпусом датчика.

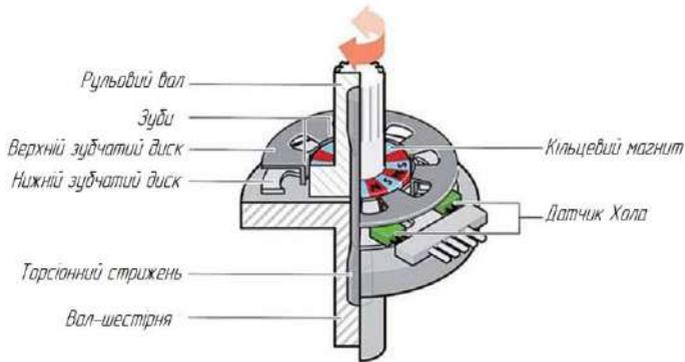


Рисунок 27.14 – Датчик моменту повороту рульового колеса

Коли руль не повернено, диски знаходяться в такому положенні щодо кільцевого магніту, що їх зуби стоять точно посередині між сусідніми полюсами магніту (північним та південним) (рис. 27.15). Таким чином через обидва зубчаті диски проходить однакова кількість магнітних ліній від кожного з полюсів. Магнітне поле між зубчатыми дисками відсутнє. Обидва датчики Хола передають однаковий вихідний сигнал.

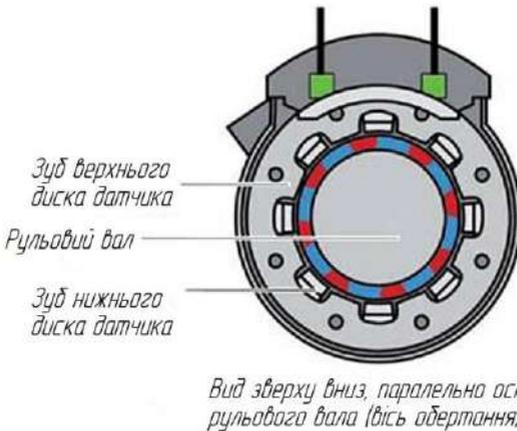


Рисунок 27.15 – Принцип дії датчика моменту повороту рульового колеса: рульове колесо не повернено

Поворот рульового колеса призводить до закручування торсійного стрижня і тим самим повороту кільцевого магніту щодо зубчатих дисків (рис. 27.16). У результаті повороту кільцевого магніту змінюється положення полюсів магніту щодо зубів обох дисків, зуби дисків більше не знаходяться посередині між сусідніми північним та південним полюсами. Залежно від напрямку прикладеного до рульового колеса крутного моменту зуби одного з дисків будуть більшою мірою знаходитися навпроти північних полюсів магнітів, а зуби іншого – навпроти південних. Це викликає виникнення магнітного поля між обома дисками, яке буде зафіксовано датчиками Хола.

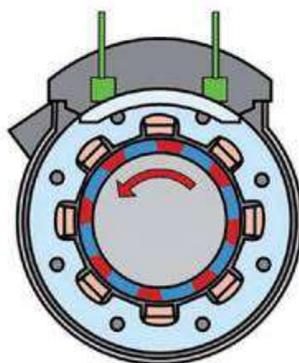


Рисунок 27.16 – Принцип дії датчика моменту повороту рульового колеса:рульове колесо повернуте

EPS, або кермо з електропідсилювачем, трохи простіше, оскільки комп'ютер транспортного засобу відповідає за спрощення процесу кермового керування. Система *EPS* найчастіше оснащується невеликим електродвигуном, який розміщується або в основі рульової колонки, або безпосередньо на рульовій рейці. На відміну від гідравлічної системи, *EPS* не використовує потужності двигуна, що збільшує економію палива. Коли водій хоче повернути, комп'ютер може перетворити поворот рульового колеса на електродвигун, який допомагає переміщати рейку та шестірню вперед і назад. Подібно до *HPS* електрична система змінює

чутливість на більш високих швидкостях для підвищення безпеки. Оскільки єдина рідина, яку використовує ця система, знаходиться в зубчатій рейці та шестірні, вона не підлягає обслуговуванню та не вимагає промивання рідиною.

У електромеханічному підсилювачі немає робочої рідини, патрубків, прокачування, і є електродвигун та блок керування, що контролює частоту обертання рульового колеса. Блок керування також відстежує швидкість автомобіля та кути повороту руля. Блок керування при певних значеннях швидкості може посилати сигнал на електромотор з метою затискання або відпускання руля.

Існує кілька схем встановлення електромотора підсилювача:

- на рульовій колонці (рис. 27.17);
- на валу-шестірні рульового механізму;
- на рульовому механізмі.

Численні випробування автомобілів з електромеханічним підсилювачем показали, що найкраща схема установки електромотора – на рульовому механізмі, тому що цим досягається кращий зворотний зв'язок кермового керування.



Рисунок 27.17 – Приклад кермового керування з електромеханічним підсилювачем на рульовій колонці

Якщо на машині з підсилювачем руля зворотний зв'язок відсутній, значить зусилля на рульовому колесі не змінюється залежно від кута повороту руля та швидкості проходження автомобіля повороту. Коли автомобіль стоїть на місці або рухається повільно, то легкість обертання руля лише на краще. Однак при маневруванні на швидкості відсутність зусилля, що пропорційно підвищується на рулі, може зіграти злий жарт, оскільки ха об'єктивним і суб'єктивним відчуттям важко буде обрати єдине правильне положення руля.

Управління коліс задньої осі

Стійкість і керованість автомобіля при поворотах багато в чому залежить від напрямку прямування задньої осі по колії передньої, який необхідний для зменшення кута повороту автомобіля і зносу його шин. Застосування керованої задньої осі дозволяє зменшувати поперечні прискорення при повороті автомобіля, що збільшує його стійкість. Системи керування всіма чотирма колесами значно покращують маневрування автомобіля. По-перше, підвищується чутливість автомобіля до повороту рульового колеса. Адаже при тихій їзді міськими вуличками краще мати «гостре» кермове керування, щоб не обертати рульове колесо на кілька обертів при кожному маневрі. На автостраді ж «гострий» руль може викликати проблеми – автомобіль буде дуже різко реагувати навіть на невеликі підрулювання. По-друге, покращується маневрування автомобіля під час паркування чи розвороту в обмежених міських умовах, тобто зменшується радіус повороту. І, по-третє, підвищується курсова стійкість при різких маневрах на високій швидкості.

Кермове керування всіма колесами може працювати в одному з двох режимів: з поворотом коліс передньої та задньої осей у різні боки або в той самий бік.

При малих швидкостях приблизно до 40 км/год задні колеса автоматично повертаються в протилежний бік щодо передніх коліс (рис. 27.18). Переваги кермового керування всіма колесами особливо помітні під час маневрування. Діаметр розвороту зменшується приблизно на один метр – з 12 до 11 м. За рахунок цього покращуються маневрені якості автомобіля.

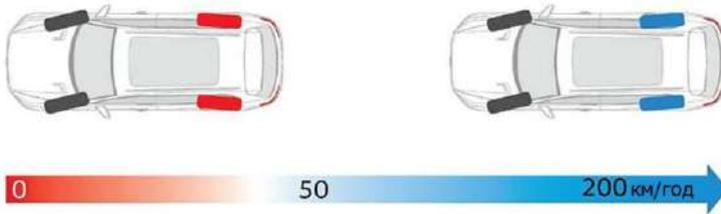


Рисунок 27.18 – Режими роботи кермового керування

Якщо швидкість стає вищою 40 км/год, то задні колеса при повороті кермового колеса автоматично повертаються у той самий бік, як і передні (див. рис. 27.18). За рахунок цього покращується стійкість, а отже, і безпека руху.

Поворот коліс задньої осі (зміна кута їх сходження) здійснюється активним виконавчим механізмом. Напрямні тяги кріпляться до корпусів колісних підшипників через гумометалеві сайлент-блоки, як і на звичайній задній підвісці. Але на відміну від звичайної задньої підвіски, тяги, що направляють, іншими своїми кінцями кріпляться (також через гумометалеві сайлент-блоки) з обох боків не до підрамника, а до виконавчого механізму.

Весь вузол, що складається з виконавчого механізму, приводу та електронного блока керування, синхронно повертає обидва колеса на той самий кут. Оскільки кут повороту не перевищує 5° , спеціальні поворотні кулаки, як у підвісці передніх коліс, не потрібні. Зміна кутів повороту коліс забезпечується за рахунок еластичності сайлент-блоків у з'єднаннях важелів підвіски з підрамником.

Кермове керування усіма колесами складається з таких компонентів (рис. 27.19):

- блок керування керованої задньої осі *J1019*;
- електродвигун;
- привід з гвинтовою передачею.

Електродвигун приводить у обертання гайку ходового гвинта через пасову передачу. Обертання гайки перетворюється на прямолінійний рух ходового гвинта. Закріплені на ньому напрямні тяги передають цей рух на корпуси підшипників маточини, приводячи до одночасного повороту коліс у той самий бік: вправо або вліво (залежно від напрямку обертання електродвигуна). Завдяки кроку та трапецієподібному типу різьблення гайки/ходового гвинта, механізм є самостопорним.

Напряга на електродвигун подається лише безпосередньо під час повороту коліс, у решту часу електродвигун не приводиться в дію. Утримувальні зусилля виникають виключно за рахунок властивостей гвинтової передачі.

Максимальний хід гвинта (із середнього положення) становить ≈ 9 мм, що відповідає максимальному куту повороту коліс $\approx 5^\circ$.

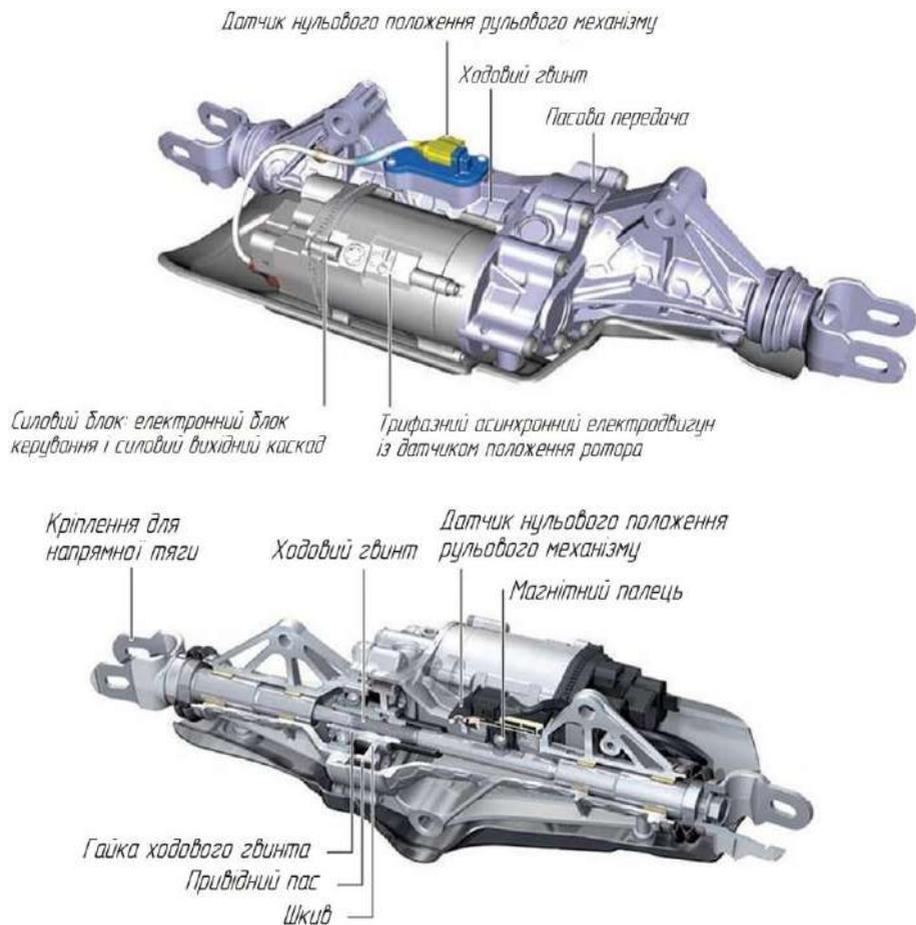


Рисунок 27.19 – Виконавчий механізм повороту коліс задньої осі

Датчик нульового положення рульового механізму (рис. 27.20) реєструє нульове, «середнє» положення ходового гвинта, тобто таке, при якому поворот коліс відсутній. Датчик працює на основі ефекту Хола. Для цього на ходовому гвинті є штир із закріпленим на ньому постійним магнітом. Розпізнавання положення ходового гвинта відбувається у вузькому кутовому діапазоні області нульового положення. Перед датчиком Хола на платі датчиків розташовані ще два вимикача Хола. Ці вимикачі служать для визначення напрямку руху ходового гвинта.

Датчик нульового положення рульового механізму

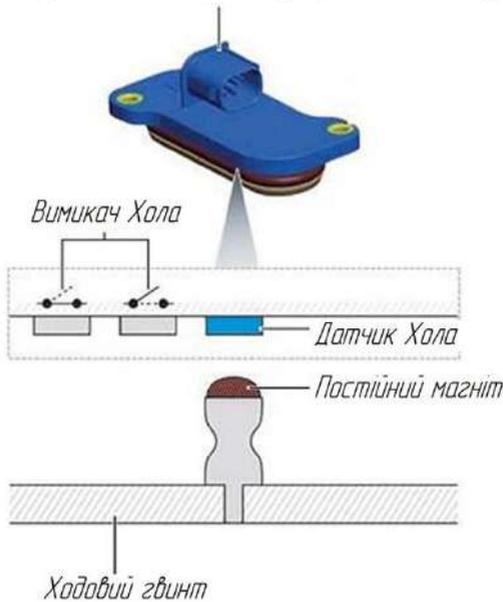


Рисунок 27.20 – Датчик нульового положення рульового механізму

Для приводу механізму використовується трифазний безщітковий синхронний електродвигун (рис. 27.21). Трифазний струм для нього створюється у перетворювачі AC/DC у силовому вихідному каскаді блока керування. У електродвигуні є датчик положення ротора. Цей датчик реєструє положення ротора дуже високою точністю.

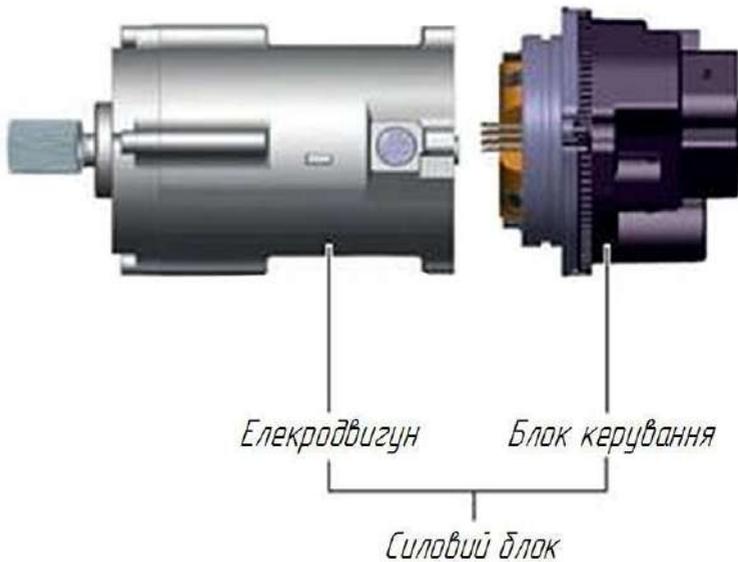


Рисунок 27.21 – Електродвигун

Блок керування і вихідний каскад є єдиним компактним вузлом, захищеним від брызок і вологи і пригвинчується до електродвигуна. Блок керування підключений до шини *FlexRay* як низькоомний кінцевий пристрій. На основі певних команд, що надходять до нього, він розраховує необхідні значення струму для активації електродвигуна. Перетворювач *AC/DC* забезпечує відповідні значення напруги, що подається на електродвигун.

Для виконання своїх функцій системі керування задньою віссю завжди потрібні такі вимірювані величини/дані:

– *Кутові швидкості обертання коліс.*

Значення кутових швидкостей обертання коліс як повідомлень відправляються блоком керування *ABS J104* на шину *FlexRay*. Блок керування задньою підвіскою *J1019* розраховує на їх основі еталонну швидкість автомобіля, яка в порядку резервування порівнюється з еталонною швидкістю автомобіля, визначеною системою *ESP*.

– *Кут повороту рульового колеса.*

Цей кут повороту реєструється датчиком кута повороту рульового колеса і також передається як повідомлення по шині *FlexRay*.

На основі двох головних параметрів: швидкості автомобіля та кута повороту коліс передньої осі – блок керування розраховує необхідний кут повороту коліс задньої осі.

Контрольні запитання

1. Основні історичні факти про кермове керування. Хто перший розробив конструкцію кермового керування з ГПР?

2. Гідравлічний підсилювач кермового керування. Що входить до конструкції?

3. Рульовий механізм із гідравлічним підсилювачем. З чого складається?

4. Електромеханічний підсилювач кермового керування. Що входить до конструкції?

5. Електричний підсилювач рульового керування з двома привідними шестернями. Наведіть особливості конструкції. Схема рульового механізму.

6. Принцип дії датчика моменту повороту рульового колеса.

7. Які переваги електромеханічного підсилювача на рульовій колонці?

8. Керування коліс задньої осі. Особливості конструкції. Переваги та недоліки.

9. Виконавчий механізм повороту коліс задньої осі. Особливості конструкції.

Лабораторна робота 28 ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити конструкції, принцип дії, регулювання гальмівних систем автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми і плакати з конструкції гальмівних систем;
- вузли і деталі гальмівних систем автомобілів (колодкових, дискових, стрічкових);
- анімації робочих процесів гальмівної системи;
- автомобіль.

Основні положення

Гальмівна система служить для зниження швидкості руху, швидкої зупинки машини і для утримання її на місці при стоянці. На рис. 28.1 показана схема дії колісного колодкового гальма. Вона складається з

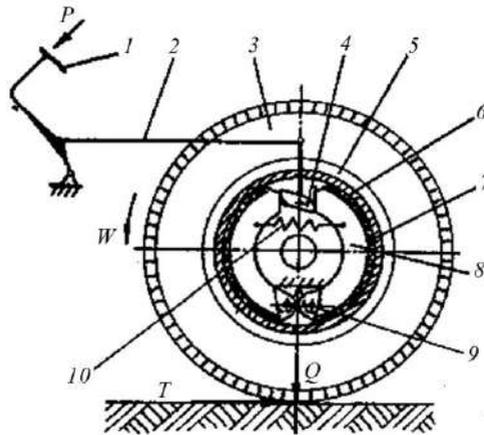


Рисунок 28.1 – Схема дії колісного колодкового гальма:

- 1 – гальмівна педаль; 2 – тяга; 3 – шина; 4 – кулак розжимний;
5 – колісний диск; 6 – гальмівний барабан; 7 – гальмівна накладка;
8 – гальмівна колодка; 9 – вісь колодки; 10 – стяжна пружина

гальм і гальмівного приводу. Гальма створюють опір обертанню коліс автомобіля за рахунок тертя між обертовими деталями (барабан, диск),

жорстко пов'язаними з колесами, і необертливими деталями. На всіх автомобілях встановлюють не менше двох незалежних гальмівних систем. Одна – робоча (колісні гальма), друга – допоміжна (центральне гальмо). Допоміжна гальмівна система використовується на стоянці і при відмові робочої системи, її називають ще стоянкова. При натисканні на ножну педаль спрацьовують усі колісні гальма, а при переміщенні важеля – центральне гальмо або гальма задніх коліс. На деяких автомобілях встановлюють третю гальмівну систему, в якій використовують опір примусового провертання коленвала двигуна. Для цього на випускній трубі двигуна встановлюють регулюючу заслінку, що перешкоджає проходженню газів з циліндрів. Таку систему застосовують головним чином на затяжних спусках.

На багатьох автомобілях встановлюють барабанні механізми (рис. 28.2) з гідравлічним приводом.

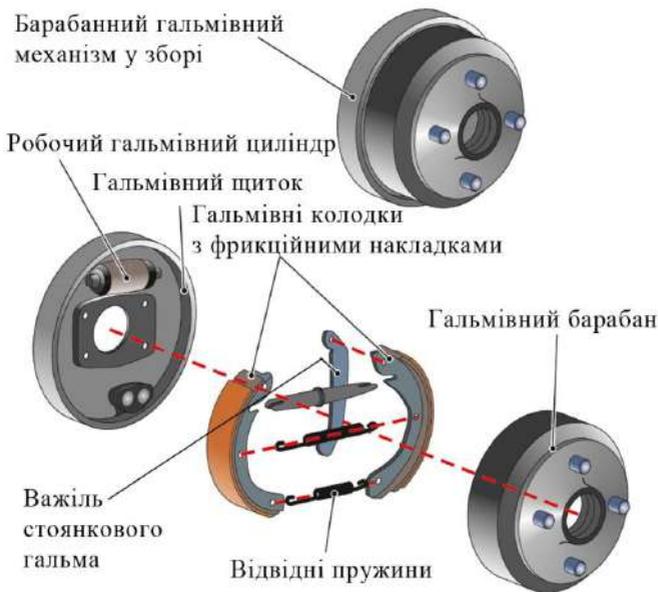


Рисунок 28.2 – Барабанний гальмівний механізм

Робота гальмівної системи заснована на використанні сил тертя. При гальмуванні коліс між ними і дорогою виникає тормозна сила тертя.

$$T = Q\varphi,$$

де Q – вага, що припадає на гальмуючі колеса; φ – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою. Для сухої дороги $\varphi = 0,5\dots 0,8$, для мокрої та брудної – $\varphi = 0,2\dots 0,3$. Тому в останньому випадку гальмівний шлях буде більше.

При гальмуванні кінетична енергія автомобіля перетворюється в тепло і розсіюється:

$$W = mV^2 / 2,$$

де V – швидкість руху машини; m – маса машини.

Завдання до роботи

1. Класифікувати гальмівні механізми автомобілів ГАЗ-53А, ЗІЛ-130, МАЗ-5335, КамАЗ-5320, КрАЗ-255, ЗАЗ-1102.

За формою гальма бувають колодкові (барабанні), стрічкові, дискові і комбіновані; за родом тертя: сухі і працюючі в маслі; за типом приводу: механічні, гідравлічні, пневматичні, гідровакуумні і гідропневматичні.

2. За плакатами і макетами вивчити конструкції гальмівних систем тракторів і автомобілів, зазначених у п. 1, перевірити відповідність їх основним вимогам: надійність гальм у роботі, плавність гальмування, легкість і зручність керування гальмами та їх регулювань, захищеність робочих поверхонь від пилу, води і бруду, хороше відведення тепла від робочих поверхонь.

3. Проаналізувати конструкції колодкових гальм автомобілів з точки зору серводії колодок, способу і розташування кріплення колодок відповідно до схем, наведених на рис. 28.3.

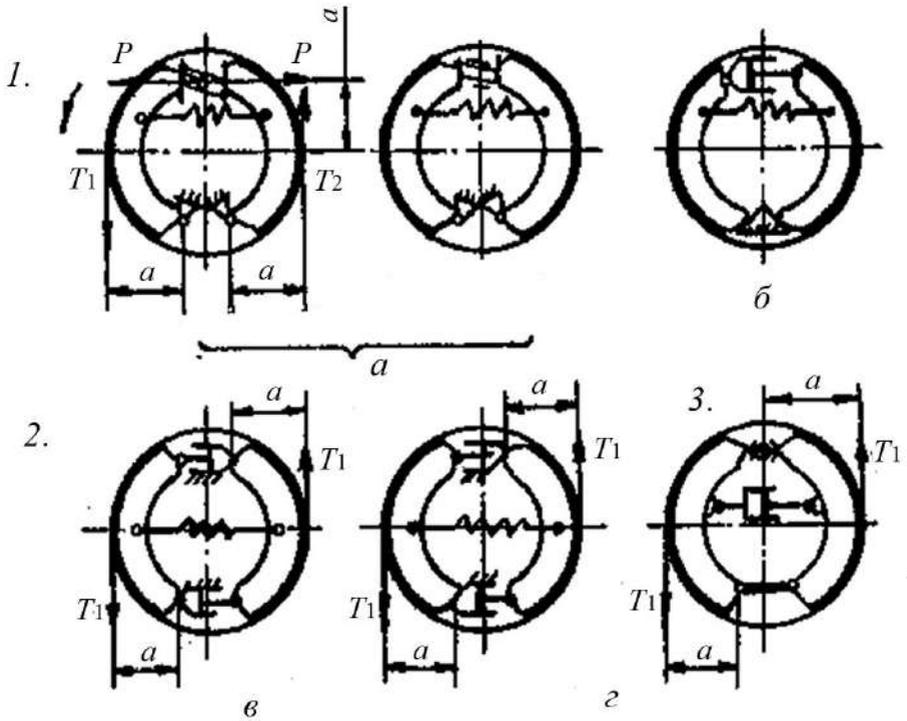


Рисунок 28.3 – Схеми колодкових гальм: 1 – з серводією однієї колодки: а – з фіксованим одностороннім кріпленням колодок; б – з вільно встановлюваними опорами колодок; 2 – з серводією двох колодок: в – з фіксованим рознесеним кріпленням колодок; г – з вільно встановлюваними, «плаваючими» опорами колодок; 3 – з подвійною серводією

4. Проаналізувати конструкції розтискних пристроїв сучасних тракторів і автомобілів, що мають колісні колодкові гальма. Як розтискні пристрої застосовують гідравлічні гальмівні циліндри (рис. 28.3 і 28.4), кулачки (див. рис. 28.1) і клинові механізми (рис. 28.5). На рис. 28.4 подані гідравлічні гальмівні циліндри.

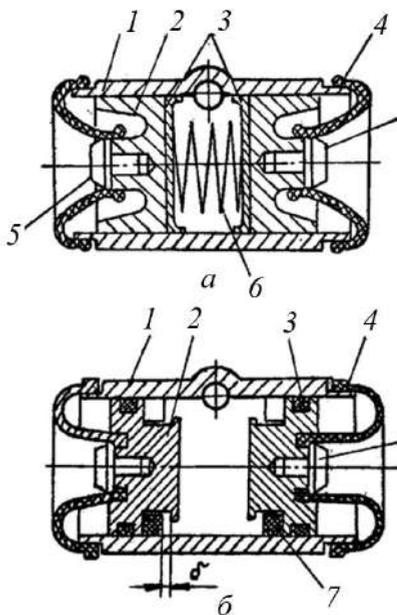


Рисунок 28.4 – Гідравлічні гальмівні циліндри:

a – нерегульовані; *б* – з автоматичним регулятором зазору

1 – циліндр; *2* – плунжер; *3* – ущільнювальні манжети чи кільця;

4 – гумові ковпаки; *5* – штовхачі; *6* – пружина; *7* – розрізне пружинне кільце

Для нормальної роботи гальмівної системи необхідно підтримувати в розгальмованому стані певний зазор між поверхнями тертя. З цією метою гальмівні механізми забезпечують пристроями, що дозволяють проводити регулювання зазору вручну або автоматично. Спочатку слід вивчити пристрій ручного регулювання, а потім – автоматичного. При вивченні автоматичних регуляторів зазору слід пам'ятати про загальний принцип їх роботи, який полягає в тому, що регулятор не перешкоджає переміщенню колодок у бік барабана (або перешкоджає з незначним опором), а в зворотному напрямку переміщення обмежується постійною величиною. Зворотний хід колодки обмежується величиною зазору δ між поршнем і розрізним пружинним кільцем *7*, встановленим з натягом у циліндрі (див. рис. 28.4, *б*). Слід звернути увагу на співвідношення сили

тертя, що перешкоджає зміщенню кільця, і сили стягнутої пружини, наведеної до рухомого кінця колодки, і на те, в який бік зміщується кільце в міру зносу фрикційних накладок.

Автоматичний регулятор зазору між колодками і барабаном іншого типу вбудований у гідроциліндр розтиску колодок (рис. 28.5).

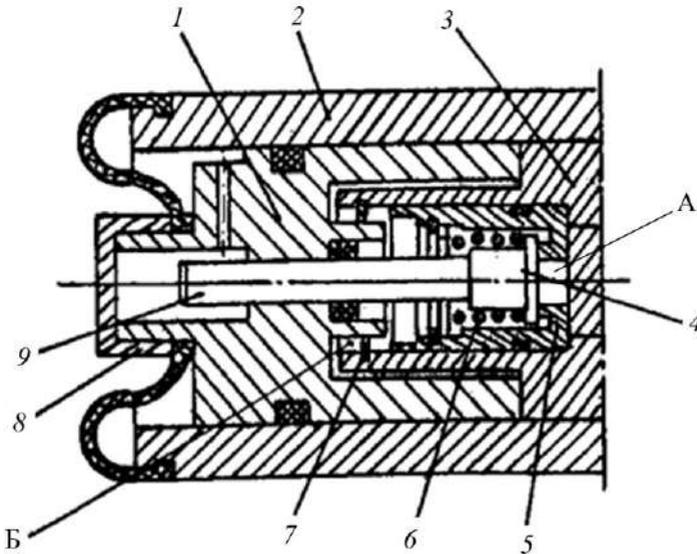


Рисунок 28.5 – Гідралічний регулятор зазорів: *A, B* – порожнини; *1* – робочий поршень; *2* – гідроциліндр; *3* – нерухомий поршень; *4* – клапан; *5* – додатковий поршень; *6* – пружина; *7* – стопорна шайба; *8* – стакан; *9* – шток

У гідроциліндрі *2* встановлений нерухомий поршень *3*, в якому встановлений додатковий поршень *5* з клапаном *4*. При подачі тормозної рідини під тиском у робочу порожнину *A* циліндра поршень *5* разом з клапаном *4* переміщається вліво і впирається в стопорну шайбу *7*. Як тільки тиск у гідроциліндрі *2* досягає заданого значення – $(0,1...0,15) \cdot P$, відкривається клапан *4*, стискаючи пружину *6*, що дозволяє гальмівній рідині вільно перетікати з порожнини *A* в

порожнину *B* і переміщати робочий поршень *I*, який через стакан *8* впливає на колодку та прижимає її до барабану.

При гальмуванні клапан *4* залишається відкритим доти, поки сила, яка дорівнює добутку площі поперечного перерізу штока *9* на тиск рідини в порожнинах *A* і *B*, не стане менше сили пружини *6*. При цьому рідина проходить з порожнини *B* через відкритий клапан *4* у порожнину *A* і далі у привід – відбувається гальмування, і поршень *I* переміщається вправо. Коли тиск у приводі знизиться до заданого значення $(0,1 \cdot P)$, клапан *4* закривається. Далі поршень *5* переміщається вправо у вихідне положення, і, відповідно, переміщається поршень *I*. Колодка відходить від барабана, в результаті чого утворюється проміжок між накладкою і барабаном. У міру зношування накладок робочий поршень *I* займає в гальмівному стані положення, все більш віддалені від нерухомого поршня *3*, і утримується в цьому положенні рідиною, яка затримується в порожнині *B* за допомогою клапана *4*.

5. Проаналізувати конструкції осей кріплення колодок. При наявності ексцентриків на опорах колодок уявити всю послідовність дій для зміни положення опорного кінця колодки. Звернути увагу на пристрої, що обмежують бічний зсув колодки (скоби і т.п.), способи кріплення фрикційних накладок у колодках (заклепками або приклеєні).

Вивчити пристрої для ручного регулювання зазору між колодками і барабаном. При цьому визначити спосіб фіксації регулюючих шайб-ексцентриків і поворотом їх відрегулювати проміжок. У механізмі з розтискним кулаком визначити форму його робочої поверхні і контактуючих з ним деталей. Вивчити пристрій черв'ячного механізму для регулювання зазору, вбудованого у важіль вала кулака. Обертаючи черв'як, відрегулювати проміжок. На рис. 28.6 показана схема клинового механізму розтиску колодок.

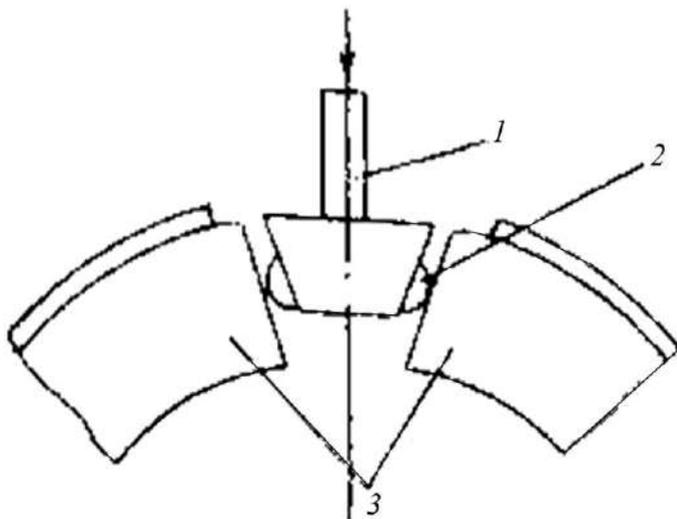


Рисунок 28.6 – Схема клинового механізму розтиску колодок
 1 – клин; 2 – кулька; 3 – колодки

6. Проаналізувати конструкції дискових гальм автомобілів VW, ЗАЗ-1102. Відповідно до прийнятої класифікації дискові гальма бувають відкритого типу (рис. 28.7) – з несиметричним і симетричним натискним пристроєм і з серводією (рис. 28.8).

На рис. 28.7 поданий колісне дискове гальмо відкритого типу. Відкрите колісне дискове гальмо передніх коліс легкового автомобіля конструктивно побудовано таким чином. У супорті 1 розташований диск гальма, прикріплений до маточини переднього колеса болтами. Місце для диска гальма позначено цифрою 3. Дві плоскі колодки з фрикційними накладками 4 розміщені по обидва боки гальмівного диска. Притиснення колодок до диска здійснюється двома поршнями 5. Рідина до циліндра гальмівного приводу підводиться по трубопроводу 2.

Видалення повітря з системи здійснюється через продувну пробку 6.

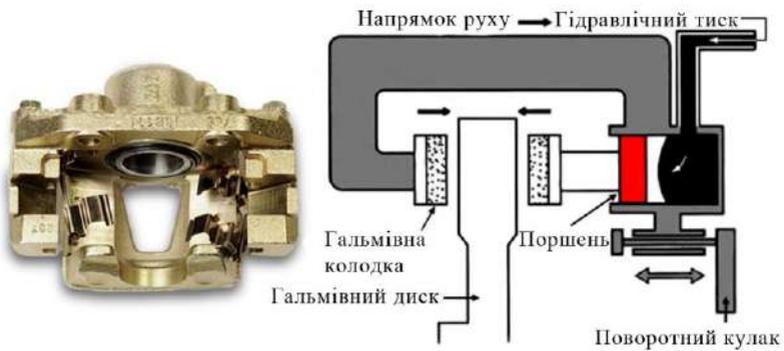


Рисунок 28.7 – Дискові гальма з несиметричним натискним пристроєм

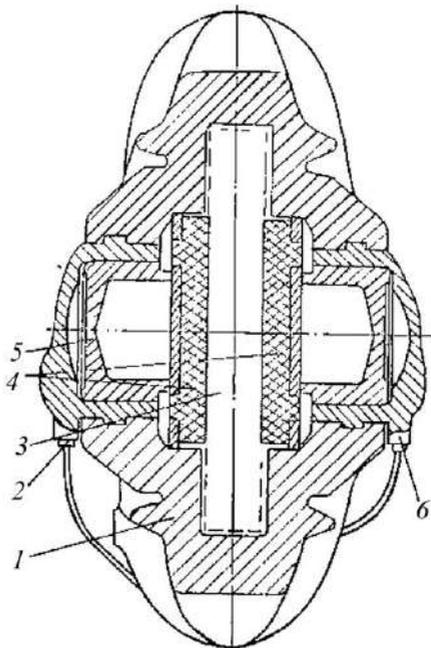


Рисунок 28.8 – Колісне дискове гальмо:
 1 – супорт; 2 – трубопровід; 3 – диск; 4 – фрикційні накладки;
 5 – поршні; 6 – пробка продувальна

Відповідно до прийнятої класифікації стрічкові гальма бувають прості, двосторонньої дії («плаваючі»), подвійні, підсумувальні, диференціальні (рис. 28.9). Використовують у стоянковому гальмі, а також у АКП, у додатковому обладнанні.

Звернути увагу на переваги і недоліки простого стрічкового гальма. Його переваги – простота конструкції, ефективність гальмування при прямому ході, недоліки – низька ефективність гальмування при задньому ході, різке гальмування, нерівномірній розподіл питомого тиску по довжині стрічки ($q_1 \neq q_2$), а отже, нерівномірний знос стрічки (накладок), великі, радіальні навантаження на вал.

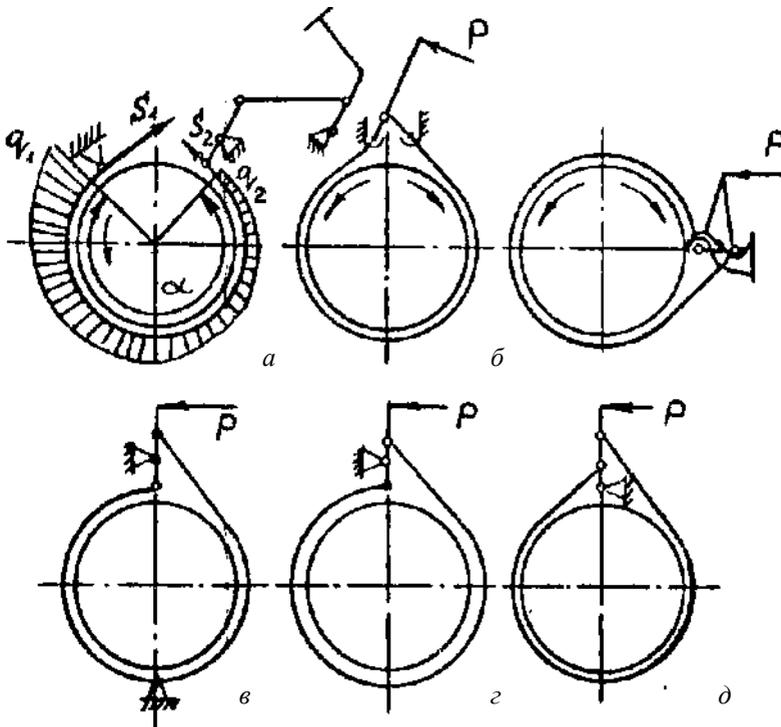


Рисунок 28.9 – Схеми стрічкових гальм: а – просте; б – «плаваюче»; в – подвійне; г – сумуюче; д – диференціальне

Зусилля в стрічці слід визначити залежністю:

$$S_1 = S_2 e^{\mu\alpha},$$

де S_1 – зусилля натягу набігаючої гілки; S_2 – зусилля натягу збігаючої гілки; $e = 2,72$ – основа натурального логарифма; μ – коефіцієнт тертя; α – кут охоплення.

7. При аналізованні конструкції «плаваючого» гальма слід звернути увагу на його особливість – однаковий ефект серводії незалежно від напрямку обертання гальмівного барабана. Це пояснюється тим, що в момент гальмування один кінець стрічки стає нерухомим і перетворюється в простий. Зусилля затяжки завжди збігається з напрямком обертання гальмівного барабана.

8. Вивчити пристрій і роботу стоянкових гальмівних механізмів гальмівних приводів автомобілів ГАЗ-66, ЗАЗ-1102, Шкода Октавія.

Класифікувати гальмівний привід зазначених марок машин, враховуючи вказівки п. 1.

Слід звернути увагу на переваги механічного приводу: простоту конструкції і надійність у роботі, а також на основний недолік – прямо пропорційну залежність між зусиллям на педалі і гальмівним моментом, що ускладнює утримання машини на крутому схилі.

9. Вивчити особливості конструкції і роботи гідравлічного приводу. Для полегшення керування, підвищення надійності та ефективності гальмівної системи і безпеки руху автомобіля в приводі може встановлюватися підсилювач, роздільник і регулятор гальмівних сил. Застосовують одноконтурний і двоконтурний гідравлічні приводи. Схема одноконтурного приводу без підсилювача наведена на рис. 28.10.

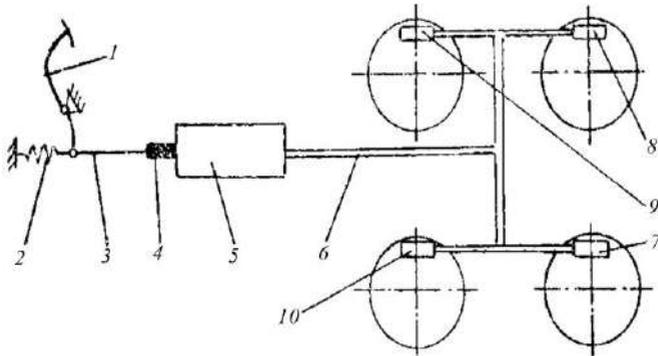


Рисунок 28.10 – Схема одноконтурного приводу:

- 1 – педаль; 2 – відтяжна (поворотна) пружина педалі; 3 – тяга;
 4 – штовхач; 5 – головний гальмівний циліндр; 6 – трубопровід;
 7, 8, 9, 10 – колісні гальмівні циліндри

Для підвищення надійності одноконтурного приводу застосовується роздільник, що забезпечує роздільний привід гальмівних механізмів передніх і задніх коліс (рис. 28.11).

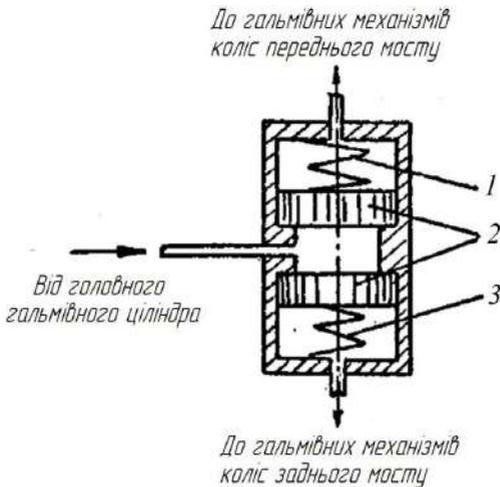


Рисунок 28.11 – Схема роздільника:

- 1, 3 – пружини; 2 – поршні

У розгальмованому стані системи поршні роздільника віджимаються пружинами до середини до упорів у корпус. При натисканні на гальмівну педаль рідина від головного гальмового циліндра надходить у порожнину між поршнями. Поршні переміщуються і передають тиск до гальмових механізмів коліс.

При пошкодженні однієї з магістралей приводу передніх або задніх коліс тиск у ній падає. Поршень роздільника пошкодженої магістралі переміщується в крайнє зовнішнє положення. При натисканні на гальмівну педаль рідина переміщує поршень справної магістралі, приводячи в дію відповідні гальмівні механізми.

10. Вивчити конструкцію і роботу головного гальмівного циліндра, схема якого наведена на рис. 28.12.

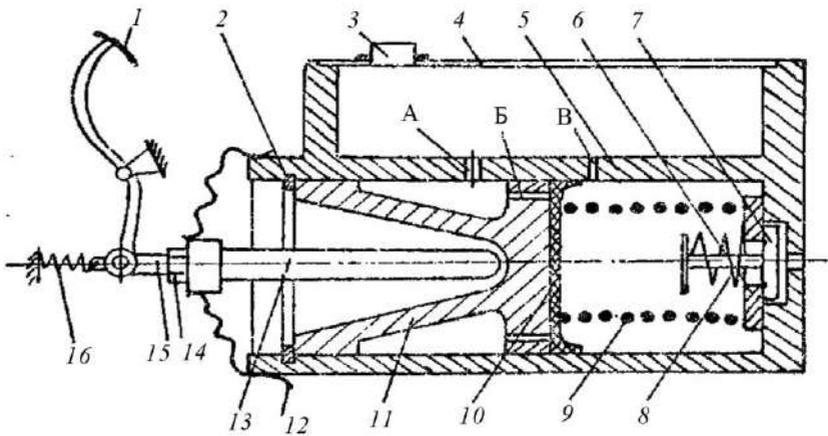


Рисунок 28.12 – Схема головного гальмівного циліндра:

A, Б – перепускні отвори; *В* – компенсаційний отвір;

1 – педаль; *2* – стопорне кільце; *3* – нарізна пробка; *4* – кришка корпусу;

5 – корпус; *6* – зворотний клапан; *7* – перепускний клапан; *8* – пружина перепускного клапана; *9* – пружина зворотного клапана; *10* – манжета;

11 – поршень; *12* – чохол; *13* – штовхач; *14* – контргайка;

15 – тяга; *16* – відтяжна пружина

Необхідно знайти дві порожнини в корпусі циліндра: нижню, в якій переміщається поршень, і верхню – резервуар для гальмівної рідини. Порожнини з'єднуються між собою перепускним отвором *A* і компенсаційним отвором *B*. Поршень також має перепускні отвори *B*.

При натисканні на педаль штовхач, вибираючи зазор, переміщує поршень. При цьому в робочій порожнині створюється тиск рідини, відбуває перепускний клапан і рідина переміщається по трубопроводах до колісних гальмівних циліндрів. При одноконтурній схемі одночасно спрацьовують гальмівні колодки передніх і задніх коліс. При відпуску педалі пружини гальм зрушують колодки, припиняючи гальмування, і рідина переміщається по трубопроводах до головного циліндра через зворотний клапан.

Пружина поршня закриває зворотний клапан при залишковому тиску рідини в колісних циліндрах і трубопроводах, що дорівнює 0,1 МПа, що виключає попадання повітря в гідропривід.

При швидкому відпуску педалі тиск у циліндрі з правого боку поршня виявляється нижче, ніж в порожнині зліва від нього. Під дією розрідження рідина з резервуара через перепускні отвори *A* і *B*, віджимаючи край манжети, надходить у циліндр, тим самим запобігає проникненню в нього повітря. Після переміщення поршня в крайнє ліве положення, надлишки рідини видавлюються через компенсаційний отвір *B* назад у резервуар. Перепускний і зворотні клапани головного гальмівного циліндра підтримують постійний об'єм рідини в трубопроводах і колісних циліндрах незалежно від температури,

11. Розглянути особливості двоконтурного гідравлічного приводу гальм, схема якого наведена на рис. 28.13. Звернути увагу на те, що у цьому випадку застосовується здвоєний головний гальмівний циліндр, що має два поршня. Кожна з камер гальмівного циліндра здійснює привід механізмів окремо переднього і заднього мостів. При пошкодженні одного з контурів гальмування автомобіля забезпечує інший, справний контур.

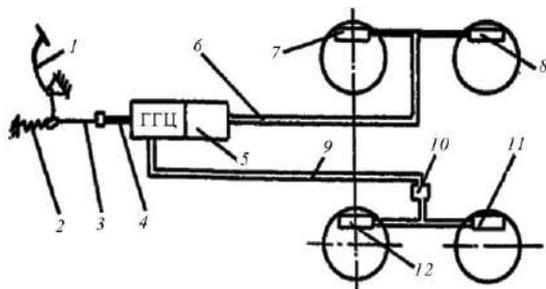
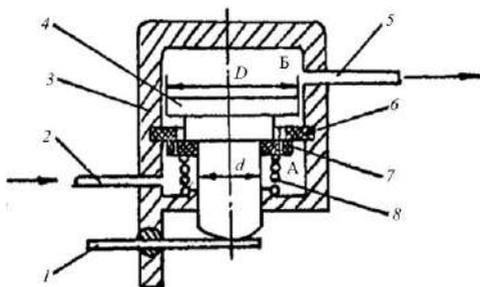


Рисунок 28.13 – Схема двоконтурного приводу:

- 1 – педаль; 2 – відтяжна (поворотна) пружина; 3 – тяга; 4 – штовхач;
 5 – головний гальмівний циліндр (двокамерний); 6 – контур приводу передніх гальм;
 7, 8 – колісні циліндри гальмівних механізмів переднього мосту;
 9 – контур приводу задніх гальм; 10 – регулятор гальмівних сил;
 11, 12 – колісні циліндри гальмівних механізмів заднього мосту

Регулятор гальмівних сил (рис. 28.14) встановлюється в контурі приводу задніх гальм і забезпечує автоматичну зміну гальмівних сил залежно від навантаження на задні колеса і уповільнення автомобіля.



- Рисунок 28.14 – Схема регулятора гальмівних сил: 1 – торсіон;
 2 – трубопровід від головного гальмівного циліндра; 3 – корпус; 4 – поршень;
 5 – трубопровід до колісних циліндрів задніх коліс; 6 – ущільнювальне кільце;
 7 – упорне кільце; 8 – пружина

Робота регулятора заснована на появі гідростатичної сили, яка опускає поршень вниз при збільшенні тиску рідини. Цьому переміщенню перешкоджають пружні сили торсіона і пружини. При посадці поршня на

кільце ущільнювача порожнини *A* і *B* роз'єднуються, і зростання тиску в порожнині *A* буде випереджати зростання тиску в порожнині *B*, тобто регулятор працює як обмежувальний клапан.

При збільшенні навантаження на задній міст відстань між балкою мосту і корпусом автомобіля зменшується, деформація торсіона збільшується, і він має більший опір переміщенню поршня. Це забезпечує спрацювання регулятора при більш високих тисках рідини у порожнині *B* і великі значення гальмівних сил на задніх колесах. При уповільненні автомобіля, коли кузов піднімається під заднім мостом і навантаження на нього знижується, деформація торсіона зменшується, і роз'єднання порожнин *A* і *B* регулятора відбувається при менших тисках рідини, що виключають блокування коліс.

12. Розглянути особливості роботи гідровакуумного підсилювача автомобіля.

13. Користуючись плакатами, самостійно вивчити схему пневматичного приводу гальм автомобіля КамАЗ, звернувши увагу на

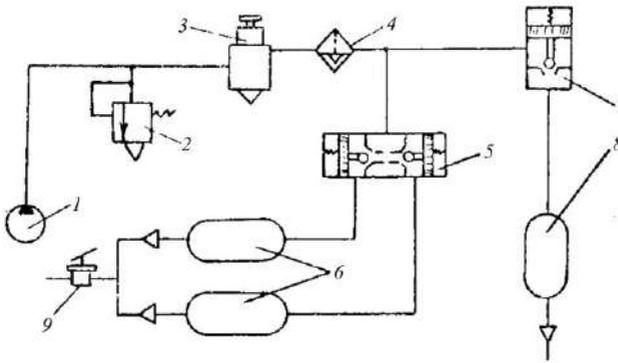


Рисунок 28.15 – Схема пневматичного приводу:

- 1 – компресор; 2 – запобіжний клапан; 3 – регулятор тиску;
 4 – фільтр; 5 – подвійний захисний клапан; 6, 8 – ресивери;
 7 – клапан; 9 – гальмівний кран

те, що пневматичний привід гальм може бути виконаний за однопровідною або двопровідною схемою. В обох випадках, як показано на рис. 28.15, є компресор 1, що подає стиснене повітря під тиском до 0,7...1,0 МПа через регулятор тиску 3, фільтр 4 у ресивери 6 і 8.

14. Користуючись плакатами і макетами вивчити механізм керування пневматичним гальмівним приводом, що включає в себе гальмівні крани, робочі циліндри і камери.

На рис. 28.16 наведена схема секції гальмівного крана. При гальмуванні зусилля від гальмівної педалі 6 передається через стакан 5 і зрівноважувальну пружину 4. Переміщаючись, стакан 5 перекриває випускний клапан 3. При подальшому переміщенні втулки 2 відкривається впускний клапан 1. Стисле повітря, підведене від ресивера, надходить у гальмівні камери.

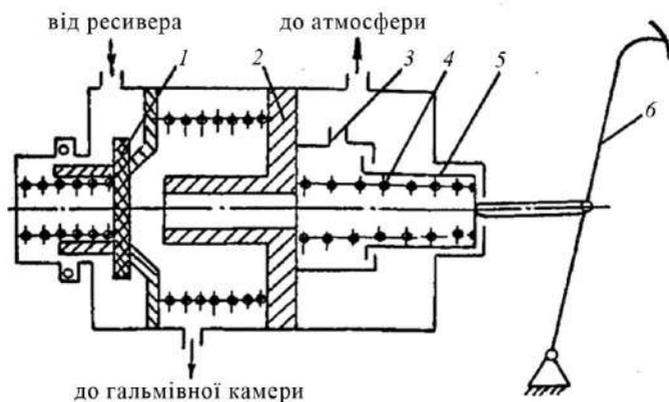


Рисунок 28.16 – Схема секції гальмівного крана: 1 – впускний клапан; 2 – втулка; 3 – випускний клапан; 4 – пружина; 5 – стакан; 6 – педаль

15. Користуючись плакатами, вивчити роботу подвійного захисного клапана. Скласти принципову схему.

16. Для основних деталей досліджуваних конструкцій гальмівних систем вказати використані матеріали.

Як матеріал для барабанів гальм зазвичай застосовують леговані чавуни з присадками міді, нікелю, молібдену, а також перлітний чавун; для легкових автомобілів – сталь з добавкою міді; або штамнують барабани із сталевих листів.

Найбільшого поширення набули литі (їх відливають з легованого чавуну або легких сплавів) і зварні колодки.

Гальмівні накладки виконуються пресованими, формованими або плетеними. Вони виготовляються з волокнистого азбесту, наповнювачів (окис цинку, залізний сурик) і сполучних матеріалів (синтетичні, смоли, каучук). Розтискний кулак виготовляють найчастіше зі сталі 40 або 45 з загартуванням СВЧ до твердості 48 HRC.

Гальмівні диски виготовляються з чавуну. В однодискових механізмах суцільні диски мають товщину 8...13 мм, вентильовані – 16...25 мм. Біметалічний гальмівний диск може виконуватися з алюмінієвої або мідної основи. Діафрагми гальмівних камер виготовляють з формованої гуми з одним або двома шарами кордної тканини і мають товщину 3...6 мм. Корпуси і кришки штампуються з маловуглецевих сталей. Пружини камер і енергоакумуляторів виготовляють зі сталей 65Г, 75Г, 85Г, 60С2, 50ХГФА.

Контрольні запитання

1. Які принципи роботи колодкових гальм?
2. Особливості конструкції і роботи дискового гальма?
3. Яка будова і принцип роботи гідроприводу гальм?
4. Яка будова і принцип роботи пневматичного приводу гальм?
5. Пояснити способи регулювання зазорів у гальмівних механізмах.
6. Призначення гальмівної системи.
7. Що входить у гальмівну систему?
8. Скільки незалежних гальмівних систем встановлюють на автомобілях?
9. Як класифікуються гальмівні механізми?
10. Що таке серводія гальма?
11. Які недоліки колодкових гальм?
12. Чому стрічкові гальма знайшли використання в коробках передач?
13. Які бувають стрічкові гальма за конструкцією?
14. Які матеріали використовують при виробництві механізмів гальм?
15. Чому одноконтурні схеми приводу не використовують на багатьох автомобілях?

Лабораторна робота 29

СУЧАСНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ НА РЕЖИМАХ РОЗГОНУ ТА ГАЛЬМУВАННЯ

Мета роботи – вивчити призначення і роботу сучасних системи керування автомобілем на режимах розгону та гальмування

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати;
- електронний інформаційний матеріал;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити, які є системи керування автомобіля на різних режимах руху та принцип їх дії;
- подати схему структури кожної системи.

Основні положення

Система курсової стійкості (інше найменування – система динамічної стабілізації) призначена для збереження стійкості і керованості автомобіля за рахунок завчасного визначення та усунення критичної ситуації.

Залежно від виробника система має такі назви:

- *Electronic Stability Programme, ESP;*
- *Electronic Stability Control, ESC;*
- *Vehicle Stability Assist, VSA;*
- *Vehicle Stability Control, VSC;*
- *Vehicle Dynamic Control, VDC;*
- *Dynamic Stability Control, DSC;*
- *Dynamic Stability Management, DSM;*
- *Dynamic Stability Traction Control, DTSC.*

Система *ESP* включає такі системи:

- антиблокувальну систему гальм (*ABS*);
- систему розподілу гальмівних зусиль (*EBD*);
- електронне блокування диференціала (*EDS*);
- антипробуксувальну систему (*ASR*).

Курсова стійкість має таку будову:

- блок керування;
- гідравлічний блок;
- датчики кутової швидкості коліс;

- датчик тиску в гальмівній системі;
- датчик прискорення;
- датчик швидкості повороту;
- датчик кута повороту кермового колеса.

За допомогою датчиків система динамічної стабілізації оцінює дії водія і параметри руху автомобіля.

Порядок роботи ESP

Абревіатура *ESP (Electronic Stability Program)* – найпоширеніша з безлічі існуючих на сьогоднішній день для позначення системи динамічної стабілізації автомобіля. Залежно від виробника комбінація букв може варіюватися: зустрічаються *ESC, VDC, VSC, DSC, DSTC ...* Суть всюди єдина – у небезпечних ситуаціях позначена одним з цих індексів електроніка допомагає вам впоратися з автомобілем.

У 1995 році з двома дверима *Mercedes S600* став першим серійним автомобілем з системою стабілізації. Через кілька місяців це обладнання отримали седани *S-класу W140* і родстери *SL R129*.

Прообраз *ESP* під назвою «Керуючий електронний блок» був запатентований ще у 1959 році компанією *Daimler-Benz*, але реально втілити її вдалося лише в 1994-му. З 1995-го р. система стала серійно встановлюватися на купе *Mercedes-Benz S 600 Coupe* (рис. 29.1), а пізніше нею комплектувалися всі автомобілі *S-класу* і *SL*.

Сьогодні система динамічної стабілізації доступна хоча б як опція майже на будь-якому автомобілі. Прямої залежності від класу машини вже не існує: *ESP* можна виявити навіть у відносно недорогій моделі *Volkswagen Polo*.



Рисунок 29.1 – *Mercedes-Benz S 600 Coupe*

Сучасна *ESP* взаємопов'язана з АБС, антипробуксувальною системою і блоком керування двигуном, вона активно використовує їх компоненти. По суті, це єдина система, яка працює комплексно і забезпечує цілий набір допоміжних контраварійних заходів. Структурно *ESP* складається з електронного блока-контролера, який постійно обробляє сигнали, що надходять з численних датчиків: швидкості обертання коліс (використовуються стандартні датчики АБС); положення кермового колеса; тиску в гальмівній системі.

Але основна інформація надходить з двох спеціальних датчиків: кутової швидкості щодо вертикальної осі і поперечного прискорення (іноді цей пристрій називають *G*-сенсор). Саме вони фіксують виникнення бічного ковзання на вертикальній осі, визначають його величину і дають подальші розпорядження. У кожен момент *ESP* знає, з якою швидкістю їде автомобіль, на який кут повернута кермо, які обороти у двигуна, чи є занос і т. п.

Обробляючи сигнали з датчиків, контролер постійно порівнює фактичну поведінку автомобіля з тим, що закладено у програмі. У разі якщо вона відрізняється від розрахункової, система розуміє це як виникнення небезпечної ситуації і прагне виправити її. На рис. 29.2 зображено основні складові систем.

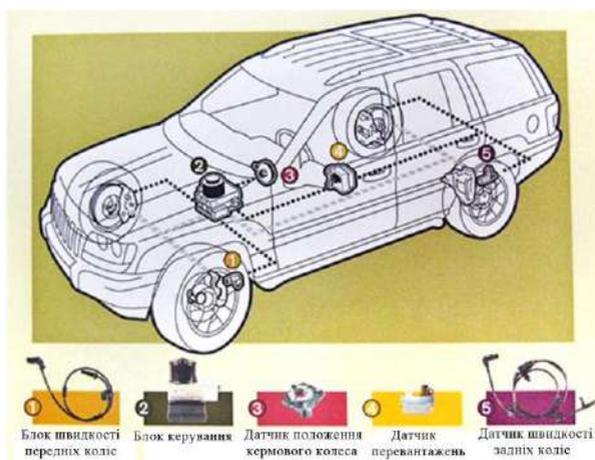


Рисунок 29.2 – Основна складова системи

Якщо на дорозі щось пішло не так, повернути автомобіль на потрібний курс система може даючи команду на вибіркове пригальмовування одного або декількох коліс. Яке з них треба уповільнити (переднє або заднє, зовнішнє за відношенням до повороту або внутрішнє), система визначає сама залежно від ситуації.

При гальмуванні коліс система здійснює тиск через гідромодулятор АБС. Одночасно (або до цього) на блок керування двигуном надходить команда на скорочення подачі палива і зменшення, відповідно, крутного моменту на колесах.

Система працює завжди, у будь-яких режимах руху: при розгоні, гальмуванні, русі накатом. А алгоритм спрацьовування залежить від кожної конкретної ситуації і типу приводу автомобіля. Наприклад, у повороті датчик кутового прискорення фіксує початок заносу задньої осі. У цьому випадку на блок керування двигуном надходить команда на зменшення подачі палива. Якщо цього виявилось недостатньо, за допомогою АБС пригальмовується зовнішнє переднє колесо і т.д. відповідно до програми.

Однак існує думка, що досвідченому водієві, здатному їздити на межі можливостей, ця система заважає. Такі ситуації дійсно рідко, але можуть виникати. Наприклад, коли для виходу із заносу треба піддати газу, а електроніка зробити цього не дає – «душить» двигун.

В автомобілях, обладнаних автоматичною коробкою передач з електронним керуванням, *ESP* здатна навіть коректувати роботу трансмісії, тобто перемикається на більш низьку передачу або в «зимовий» режим, якщо він передбачений.

На щастя, для досвідчених водіїв у багатьох автомобілях, обладнаних *ESP*, передбачена можливість її примусового відключення. А на деяких моделях система допускає невеликі замети і ковзання, даючи водієві трохи рухатися у не зовсім безпечному режимі, втручаючись, тільки якщо ситуація стає дійсно критичною.

Система *ESP* є однією з найважливіших частин комплексу активної безпеки автомобіля. Вона виправляє помилки в керуванні і часто допомагає вийти з ситуацій, в яких середньостатистичний водій на звичайному автомобілі зазнав би фіаско.

Головна перевага *ESP* – з нею автомобіль перестає вимагати від вас навичок екстремального водіння. Водій просто повертає руль, а машина сама буде «думати», як вписатися в поворот. Але майте на увазі, можливості *ESP* щодо виправлення небезпечної ситуації безмежні. Адже закони фізики обдурити не можна. На рис. 29.3 зображено схему системи курсової стійкості *ESP*.

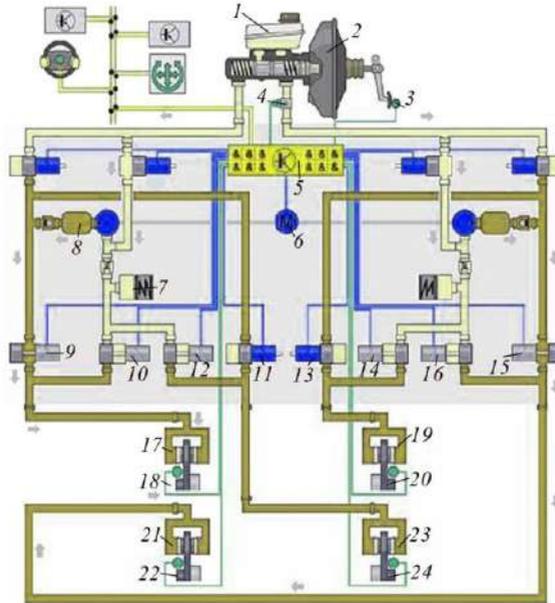


Рисунок 29.3 – Схема системи курсової стійкості ESP:

1 – компенсаційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик положення педалі гальма; 4 – датчик тиску в гальмівній системі; 5 – блок керування; 6 – насос зворотної подачі; 7 – акумулятор тиску; 8 – демпфуюча камера; 9 – впускний клапан переднього лівого гальмівного механізму; 10 – випускний клапан приводу переднього лівого гальмівного механізму; 11 – впускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 12 – випускний клапан приводу заднього правого гальмівного механізму; 13 – впускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 14 – випускний клапан приводу переднього правого гальмівного механізму; 15 – впускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 16 – випускний клапан приводу заднього лівого гальмівного механізму; 17 – передній лівий гальмівний циліндр; 18 – датчик частоти обертання переднього лівого колеса; 19 – передній правий гальмівний циліндр; 20 – датчик частоти обертання переднього правого колеса; 21 – задній лівий гальмівний циліндр; 22 – датчик частоти обертання заднього лівого колеса; 23 – задній правий гальмівний циліндр; 24 – датчик частоти обертання заднього правого колеса; 25 – перемикає клапан; 26 – клапан високого тиску

Датчики *ESP* застосовуються:

1. При оцінці дій водія:

- вимикач стоп-сигналу;
- датчик тиску гальм;
- датчик кута повороту керма.

2. При оцінці фактичних параметрів руху автомобіля:

- датчик тиску гальм;
- датчик швидкості повороту;
- датчик поздовжнього прискорення;
- датчики кутової швидкості коліс;
- датчик поперечного прискорення.

Блок керування *ESP* здійснює прийом сигналів від датчиків і виробляє формування керуючого впливу для виконавчого пристрою підконтрольних систем активної безпеки:

- контрольні лампи гальм, *ABS*, *ESP*;
- перемикач, а також клапани високого тиску *ASR*;
- випускні та впускні клапани *ABS*.

Під час роботи здійснюється взаємодія блоків керування *ESP*, двигуном, а також автоматичною КПП. Крім прийому сигналів від цих систем, блок керування здійснює формування керуючих впливів за допомогою двигуна, а також автоматичної коробки передач на елементи системи керування.

Принцип роботи системи курсової стійкості

Початок аварійної ситуації визначається завдяки порівнянню дій водія, а також параметрів руху автомобіля. У тому випадку, якщо дії водія є різними з фактичними параметрами руху транспортного засобу, система *ESP* здійснює розпізнавання ситуації у вигляді неконтрольованої і відразу включається в робочий процес. На рис. 29.4 зображено приклад роботи системи курсової стійкості.

Здійснення руху автомобіля за допомогою курсової стійкості досягається за допомогою декількох способів:

– при наявності адаптивної підвіски, за допомогою зміни ступеня демпфірування амортизаторів;

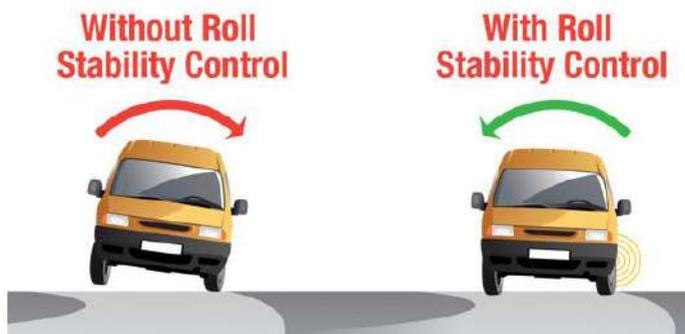


Рисунок 29.4 – Наглядний приклад роботи системи курсової стійкості

– в умовах системи активного кермового керування, за допомогою зміни поворотного кута передніх коліс;

- зміною крутного моменту двигуна;
- під час пригальмовування певних коліс.

У *ESP* зміна крутного моменту двигуна може здійснюватися за допомогою таких способів:

- при наявності повного приводу, за допомогою перерозподілу між осями крутного моменту;
- у результаті скасування перемикання передач в АКП;
- у результаті зміни кута випередження запалювання;
- за допомогою пропуску імпульсів запалювання;
- у результаті пропуску впорскування палива;
- за допомогою зміни положення дросельної заслінки.

Система, яка об'єднує підвіску, кермове керування і курсову стійкість, носить назву інтегрованої *системи керування динамікою транспортного засобу*.

Система повного приводу xDrive

Система повного приводу *xDrive* є розробкою концерну *BMW* і належить до систем постійного повного приводу. Система забезпечує

безступеневий, безперервний і змінний розподіл крутного моменту між передньою і задньою віссю залежно від умов руху. На сьогодні система *xDrive* встановлюється на спортивних позашляховиках (*SAV, Sports Activity Vehicle*) *X1, X3, X5, X6* і легкових автомобілях 3-ї, 5-ї і 7-ї серій. Історія створення системи наведена в табл. 29.1.

Таблиця 29.1 – Історія розвитку повного приводу від *BMW*

Покоління	Характеристика
1 - покоління	З 1985 року розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі у співвідношенні 37 : 63 (37 % – на передню вісь, 63% – на задню вісь), блокування міжосьового диференціала, заднього міжколісного диференціала за допомогою в'язкісної муфти (віськомуфти);
2 - покоління	З 1991 року розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі у співвідношенні 36 : 64, блокування міжосьового диференціала за допомогою багатодискової муфти з електромагнітним керуванням, блокування заднього міжколісного диференціала за допомогою багатодискової муфти з електрогідравлічним керуванням, можливість перерозподілу крутного моменту між осями (колесами) в межах від 0 до 100 %;
3 - покоління	З 1999 року розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі у співвідношенні 38:62, міжосьовий і міжколісний диференціали вільного типу, електронне блокування міжколісних диференціалів, взаємодія з системою динамічного контролю курсової стійкості;

Кінець табл. 29.1

4 - покоління	З 2003 року розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі у співвідношенні 40 : 60, функцію міжосьового диференціала виконує багатодискова фрикційна муфта з електронним керуванням, можливість перерозподілу крутного моменту між осями в межах від 0 до 100 %, електронне блокування міжколісних диференціалів, взаємодія з системою динамічного контролю курсової стійкості.
---------------	--

Система повного приводу *xDrive* в своїй основі використовує традиційну для *BMW* задньопривідну схему трансмісії. Розподіл крутного моменту між осями здійснюється за допомогою роздавальної коробки, яка являє собою зубчасту передачу приводу передньої осі, керовану фрикційною муфтою. У трансмісії спортивних позашляховиків замість зубчастої передачі використовується ланцюгова передача.

Система *xDrive* інтегрована з системою динамічного контролю курсової стійкості *DSC* (*Dynamic Stability Control*). Крім електронного блокування диференціала, система *DSC* об'єднує систему контролю тяги *DTC* (*Dynamic Traction Control*), систему допомоги при спуску *HDC* (*Hill Descent Control*) та ін.

Взаємодія систем *xDrive* і *DSC* здійснюється за допомогою системи інтегрального керування ходовою частиною *ICM* (*Integrated Chassis Management*). Система *ICM* також забезпечує зв'язку з системою активного кермового керування *AFS* (*Active Front Steering*).

Принцип роботи системи

У роботі системи повного приводу *xDrive* можна виділити кілька характерних режимів, які визначаються алгоритмом спрацьовування фрикційної муфти:

- рушання з місця;
- проходження поворотів з надлишковою поворотністю;

- проходження поворотів з недостатньою поворотністю;
- рух на слизькому покритті;
- паркування.

При рушанні з місця в нормальних умовах фрикційна муфта замкнута, крутний момент розподіляється по осях у співвідношенні 40 : 60, чим досягається максимальна тяга при розгоні. При досягненні швидкості 20 км/год розподіл крутного моменту між осями здійснюється залежно від дорожніх умов.

При проходженні поворотів з надлишковою поворотністю (задню вісь заносить до зовнішнього боку повороту) фрикційна муфта замикається з більшою силою, а на передню вісь направляється більший крутний момент. При необхідності в роботу включається система *DSC*, стабілізуючи рух автомобіля шляхом пригальмовування коліс.

При проходженні поворотів з недостатньою поворотністю (передня вісь зноситься до зовнішнього боку повороту) фрикційна муфта розмикається, а на задню вісь направляється до 100 % крутного моменту. При необхідності в роботу включається система *DSC*.

При русі на слизькому покритті (лід, сніг, вода) пробуксовка окремих коліс запобігається за рахунок блокування фрикційної муфти і при необхідності електронної міжколісної системи блокування *DSC*.

Під час паркування фрикційна муфта повністю розмикається, автомобіль стає задньопривідним, чим досягається зниження навантажень у трансмісії і кермовому керуванні.

Антипробуксувальна система (інше найменування – протибуксувальна система) призначена для запобігання пробуксовки ведучих коліс.

Залежно від виробника антипробуксувальна система має такі торгові назви:

- *ASR (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation)* на автомобілях *Mercedes, Volkswagen, Audi* та ін.;
- *ASC (Anti-Slip Control)* на автомобілях *BMW*;
- *A-TRAC (Active Traction Control)* на автомобілях *Toyota*;
- *DSA (Dynamic Safety)* на автомобілях *Opel*;
- *DTC (Dynamic Traction Control)* на автомобілях *BMW*;

- *ETC (Electronic Traction Control)* на автомобілях *Range Rover*;
- *ETS (Electronic Traction System)* на автомобілях *Mercedes*;
- *STC (System Traction Control)* на автомобілях *Volvo*;
- *TCS (Traction Control System)* на автомобілях *Honda*;
- *TRC (Tracking Control)* на автомобілях *Toyota*.

Принцип роботи антипробуксувальної системи

Система *ASR* попереджає пробуксовку коліс у всьому діапазоні швидкостей автомобіля:

- при низьких швидкостях руху (від 0 до 80 км/год) система забезпечує передачу крутного моменту за рахунок пригальмовування ведучих коліс;

- при швидкості вище 80 км/год зусилля регулюються за рахунок зменшення переданого від двигуна крутного моменту.

На підставі сигналів датчиків частоти обертання коліс блок керування *ABS / ASR* визначає такі характеристики:

- кутове прискорення ведучих коліс;
- швидкість руху автомобіля (на підставі кутової швидкості неведучих коліс);

- характер руху автомобіля – прямолінійний або криволінійний (на підставі порівняння кутових швидкостей неведучих коліс);

- величину прослизання ведучих коліс (на підставі різниці кутових швидкостей ведучих і неведучих коліс).

Залежно від поточного значення експлуатаційних характеристик проводиться керування гальмівним тиском або керування крутним моментом двигуна.

Керування гальмівним тиском здійснюється циклічно. Робочий цикл має три фази: збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску. Збільшення тиску гальмівної рідини у контурі забезпечує гальмування ведучого колеса. Воно проводиться за рахунок включення насоса зворотної подачі, закриття перемикачів клапана і відкриття клапана високого тиску. Утримання тиску досягається за рахунок відключення насоса зворотної подачі. Скидання тиску проводиться після закінчення пробуксовки при відкритих впускному і випускному клапанах. При необхідності цикл роботи повторюється.

Керування крутним моментом двигуна здійснюється у взаємодії з системою керування двигуном. На підставі інформації про буксування ведучих коліс, одержуваної від датчиків кутової швидкості коліс, і фактичної величини крутного моменту, одержуваної від блока керування двигуном, блок керування протибуксувальної системи обчислює величину необхідного крутного моменту. Ця інформація передається в блок керування двигуном і реалізується за допомогою різних дій:

- зміни положення дросельної заслінки;
- пропуску впорскувань палива в системі вприскування;
- пропуску імпульсів запалювання або зміни кута випередження запалювання в системі запалювання;
- скасування перемикачів передач в автомобілях з автоматичною коробкою передач.

При спрацьовуванні протибуксувальної системи загоряється контрольна лампа на панелі приладів. Система має можливість вимкнення.

Контрольні запитання

1. Назвіть системи курсової стійкості.
2. Яке призначення антиблокувальної системи гальм (*ABS*)?
3. Яке призначення системи розподілу гальмівних зусиль (*EBD*)?
4. Яке призначення електронного блокування диференціала (*EDS*)?
5. Яке призначення антипробуксувальної системи (*ASR*)?
6. Як саме працює система *ESP*?
7. Розкажіть детально про систему повного приводу *xDrive*.
8. Історія етапів розвитку повного приводу.
9. За допомогою яких способів може здійснюватися у *ESP* зміна крутного моменту двигуна?
10. Коли застосовуються датчики *ESP*?
11. Для чого призначена система курсової стійкості?
12. Наведіть назви різних виробників системи курсової стійкості.

Лабораторна робота 30

АНТИБЛОКУВАЛЬНІ СИСТЕМИ (ABS) ГАЛЬМ АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу сучасних антиблокувальних систем автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати з конструкції ABS;
- електронний інформаційний матеріал з конструкції ABS;
- модуль ABS у розрізі;
- автомобіль.

Завдання до роботи:

- ознайомлення з конструкцією основних моделей антиблокувальних систем гальм автомобіля;
- вивчення призначення та принципу роботи їх основних вузлів та механізмів. Розробити структурну схему ABS.

Основні положення

У тих випадках, коли вам доводиться вдатися до екстреного та різкого гальмування, виникає ймовірність блокування коліс автомобіля, що може призвести до занесення, втрати керованості та збільшеного гальмівного шляху. Щоб такого не відбувалося, було розроблено та впроваджено антиблокувальну систему (ABS).

Перші системи ABS почали встановлюватись на автомобілі у 70-х рр. XX століття. На рис. 30.1 зображено еволюцію розвитку ABS.



Рисунок 30.1 – Динаміка удосконалення ABS

Її незаперечна ефективність, що підвищує безпеку на дорогах будь-якої пори року, спочатку була оцінена виробниками автомобілів, а вже потім кінцевими автовласниками.

Головною та незаперечною перевагою використання антиблокувальної системи є, звичайно ж, підвищення безпеки водія, пасажирів, пішоходів та інших учасників дорожнього руху. Завдяки їй зменшується гальмівний шлях автомобіля та усувається можливість занесення через блокування коліс.

Особливу ефективність система *ABS* має в зимову пору року. На слизьких дорогах будь-яке необережне гальмування може призвести до блокування коліс та некерованого ковзання вперед. У цьому випадку система визначає блокування та зменшує систему гальмування, що дозволяє повернути керування над автомобілем.

Також антиблокувальна система створює чудові умови для експлуатації шин. Вони поступово зношуються, скорочуючи витрати водія на покупку нових покришок. Виходить, що система *ABS* хоч і не безпосередньо, але дозволяє знизити витрати на обслуговування коліс автомобіля.

До того ж, усуваючи різкі блокування коліс та зменшуючи гальмівний шлях, система *ABS* дозволяє уберегти покришки від швидкого та незворотного пошкодження. Будь-яке екстрене гальмування, виконане буквально кілька разів, може призвести до непридатності ваших покришок.

Головним недоліком антиблокувальної системи, як і у багатьох подібних складних систем, є часта поломка та вихід з ладу її датчиків. Це накладає на власника певні витрати на відновлення та ремонт системи, проте це варте того, адже безпека понад усе.

Зауважимо, що система *ABS* є одним із основних елементів для забезпечення безпеки будь-якого сучасного авто. Дані датчика *ABS* використовуються багатьма іншими активними та пасивними системами безпеки, наприклад, системою стабілізації курсу. Без правильної роботи всіх цих систем безпечна експлуатація автомобіля стає неможливою.

Системи *ABS* постійно вдосконалюються, обростають функціями та можливостями, щоб відстежувати більше параметрів та активніше допомагати водієві почуватися впевнено на дорозі.

Система *ABS* (рис. 30.2) складається з:

1. Датчиків.
2. Гідrorозподільників.
3. Електроклапанів.
4. Насоса, що відкачує.
5. Блока, керуючого роботою гальмівної системи.

Автоматика *ABS* постійно вдосконалюється, тому вони стають простішими і одночасно ефективнішими. Раніше основну частину роботи в антиблокувальній

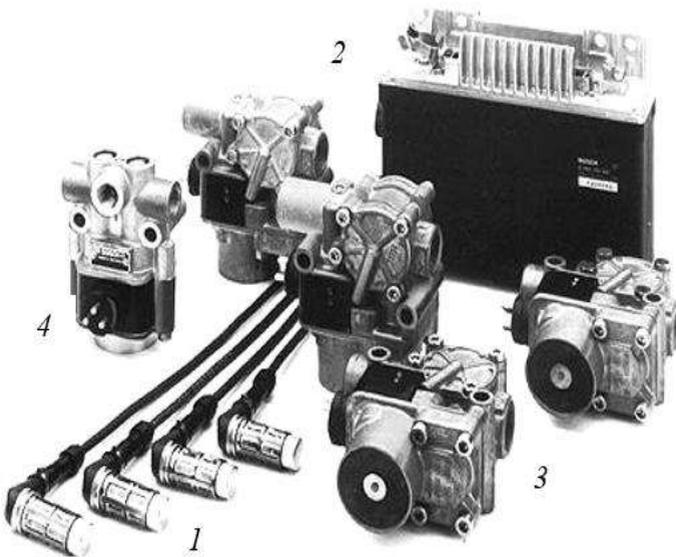


Рисунок 30.2 – Елементи *ABS Bosch*:

1 – датчик кутової швидкості коліс; 2 – електронний блок керування системою;
3 – модулятори *ABS*; 4 – електроклапан

системі виконували гідравлічні системи. Нині це повністю покладено на автоматику. Якість та швидкість роботи системи відповідно підвищується.

Блок керування, зчитуючи та обробляючи інформацію з датчиків, оперативно приймає рішення регулювання тиску в гальмівній системі. Як і в інших системах, зв'язок між блоком керування та датчиками здійснюється по особливій шині. Зазначимо, що кожне з чотирьох коліс може мати кілька датчиків для контролю маси параметрів. Так коригується робота багатьох систем автомобіля.

Принцип роботи системи ABS

За багато років розвитку та вдосконалення принцип роботи системи ABS залишився незмінним. Під час гальмування блок керування розсилає сигнали до гальмівних циліндрів. Створюваний тиск через клапани передається на кожне колесо, що приводить до ефективного гальмування. Якщо ж визначається можливість блокування коліс, то електромагнітний клапан закривається, попереджаючи зайве зусилля гальмування і блокування коліс.

Автоматика повністю контролює будь-яке, навіть найлегше гальмування. Електромагнітні клапани відкриваються і закриваються залежно від сили натискання на педаль гальма та положення коліс автомобіля. Така система відрізняється простою конструкцією та довговічністю. Єдиною слабкою ланкою є датчики, які можуть бути пошкоджені протилежним реагентом.

Роботу системи ABS можна відчувати. Коли відбувається її активація, водій може відчувати биття гальмівної педалі. Це пов'язано зі швидким відкриттям та закриттям клапанів, які створюють необхідний тиск для правильного гальмування та запобігання блокуванню.

Сама собою антиблокувальна система довговічна, надійна і вимагає особливого догляду, проте її слабким місцем є датчики, за працездатністю яких слід стежити. Це дозволить вам своєчасно розпочати ремонт.

Ремонт такої системи в жодному разі не слід проводити самостійно. Ви можете пошкодити і привести в непридатність дорогу електроніку автомобіля і зробити подальше його використання неможливим.

Варто дотримуватись певних правил, щоб продовжити життя системі *ABS*:

1. Не перегрівайте блоки керування та не заливайте їх водою.
2. Відключайте проводку, якщо у вас плануються зварювальні роботи в автомобілі або потрібне підключення до його бортової системи.
3. Слідкуйте за станом контактів на генераторі. Це дозволить виключити короткі замикання та поломку датчиків.
4. Не розділяйте електророз'єм датчиків якщо у вас включене запалювання і працює двигун.

Про несправність системи *ABS* сигналізує спеціальний індикатор на панелі приладів. Зазначається, що у цьому випадку буде забезпечено ефективне гальмування, але при сильному натисканні на педаль гальма може відбутися блокування коліс з наступним занесенням.

Антиблокувальна система працює таким чином:

При натисканні на педаль гальма вона тисне на рідину в головному гальмівному циліндрі і в результаті звідти видавлюється рідина під тиском.

З головного гальмівного циліндра рідина надходить у гідравлічний блок керування *ABS*.

У гідравлічному блоці керування є 4 виходи, кожен з яких з'єднаний трубою з гальмівним циліндром на колесі.

На кожному із цих виходів гідравлічного блока *ABS* стоїть клапан, який відкритий у початковому стані.

Рідина під тиском виштовхується з гідравлічного блока керування і трубками та шлангами надходить у гальмівні циліндри на кожному колесі.

У гальмівному циліндрі на колесі створюється тиск, і рідина виштовхує поршень, який пов'язаний з гальмівними колодками.

Внаслідок цього гальмівні колодки тиснуть на гальмівний диск або барабан. Через це між гальмівними колодками та гальмівним диском виникає сила тертя, і він уповільнює своє обертання.

Відповідно, своє обертання сповільнює і колесо.

У гальмівних системах, обладнаних *ABS*, на маточині кожного колеса закріплений зубчастий диск і датчик.

При обертанні колеса зубці диска проходять біля датчика, який це фіксує.

Дані датчика передаються в електронний блок керування.

При дуже різкому гальмуванні колесо може заблокуватися і датчик швидкості уповільнення обертання колеса помітить це, внаслідок чого електронний блок керування *ABS* бачачи, що якесь колесо заблокувалося, подає сигнал на гідравлічний блок керування і перекриває клапан, що подає гальмівну рідину на колесо.

Оскільки тиск гальмівної рідини на це колесо знижується, воно перестає гальмувати і починає знову обертатися.

Як тільки колесо починає обертатися, клапан на гідравлічному блоці відкривається і тиск гальмівної рідини знову передається на гальмівну систему цього колеса.

Колесо знову починає гальмувати.

Ці дії повторюються дуже швидко і виявляються для водія у тому характерному звуці та вібрації педалі гальма при натисканні.

Завдяки цьому при гальмуванні колеса не блокуються та машина не рухається юзом.

Адже при русі юзом машина стає некерованою і не реагує на кермо. *ABS* дозволяє уникнути цього і зберігає у водія можливість керування автомобілем.

Наприклад, це допоможе об'їхати перешкоду не відпускаючи педалі гальма. Існує хибна думка, що автомобілі, обладнані системою *ABS*, зупиняються на більш короткій відстані, ніж автомобілі без *ABS*. Насправді, це часто неправда.

Автомобіль з *ABS* у більшості випадків пройде більший шлях до повної зупинки, але завдяки тому, що водій може керувати автомобілем,

він зможе об'їхати перешкоду, а не просто безпорадно натискати на педаль гальма і сподіватися, що автомобіль зупиниться вчасно.

Також система *ABS* позитивно впливає на стан протектора покришок. Адже за відсутності *ABS* і при блокуванні колеса в гальмуванні покришка тертиметься об асфальт лише однією точкою. У результаті такого гальмування покришка може сильно стертись в одному місці. Під час роботи *ABS* такого не відбувається. На рис 30.3 зображено приклад використання *ABS*.

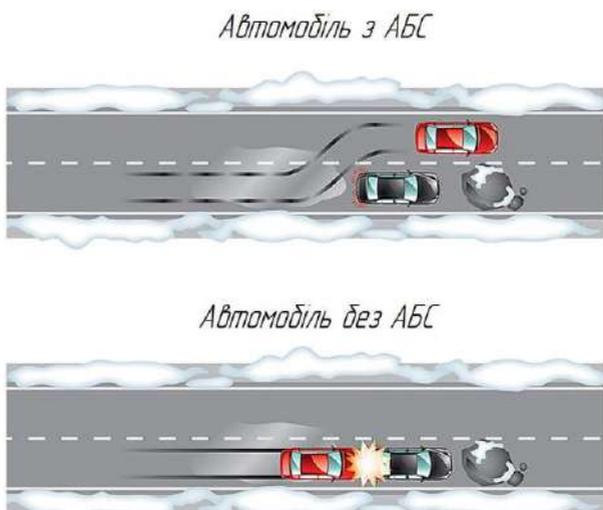


Рисунок 30.3 – Приклад використання автомобіля з ABS та без неї

Це опис спрощеного принципу роботи системи *ABS*.

На практиці ж конструкція гальмівної системи та *ABS* значно складніша. Наприклад, гальмівна система сучасного автомобіля має як мінімум два незалежні контури.

Це означає, що передні та задні колеса керуються окремими трубками з головного гальмівного циліндра.

Це допомагає зберегти можливість гальмувати автомобілем, навіть коли один із контурів гальмівної системи отримує пошкодження.

ABS у різних виробників може значно відрізнятись.

Крім того, ця система може бути дуже складною і вимагати для обслуговування та ремонту великого досвіду та спеціальних інструментів. Тому недосвідченому водієві не слід робити спроби самостійно полагодити *ABS*, а краще звернутися до фахівців.

Датчик індуктивного типу (рис. 30.4)

Суть функціонування пасивного елемента дуже проста – обмотка генерує магнітне поле, через яке проходить зубчастий вінець. Наявні зубці при проході через поле впливають на нього, що забезпечує збудження напруги в датчику. Чергування зубів з западинами забезпечує створення імпульсів напруги, які дозволяють вирахувати швидкість обертання колеса.

Негативною якістю пасивних датчиків є недостатня точність вимірювання під час руху на незначних швидкостях, що може спричинити некоректну роботу системи *ABS*.

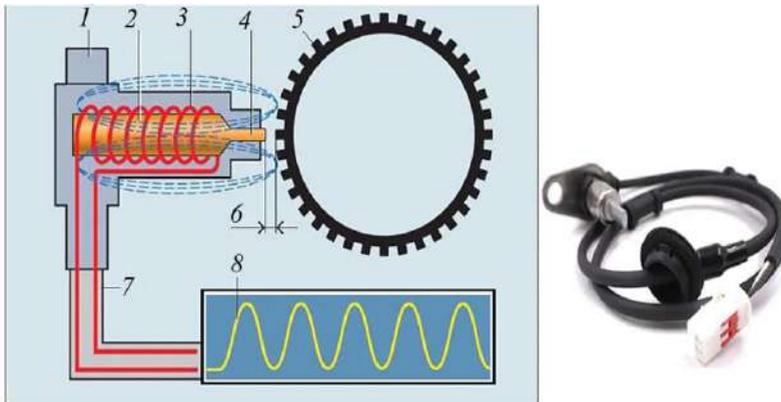


Рисунок 30.4 – Схема індуктивного датчика кутової швидкості колеса:

- 1 – датчик швидкості колеса; 2 – постійний магніт; 3 – котушка;
- 4 – залізний сердечник; 5 – імпульсний ротор; 6 – повітряний зазор;
- 7 – підключення до модуля *ABS*; 8 – сигнал датчика

Зараз через нестачу пасивні датчики в антиблокувальній системі не використовуються і їх замінили так званими активними елементами.

Як і у першому варіанті активні датчики складаються з двох основних складових – самого датчика і задавального елемента. Але в активних елементах датчики побудовані або на магніторезистивний ефект, або на ефект Холла. Обидва варіанти роботи вимагають подачі живлення (пасивні елементи самі виробляють його).

Що стосується задавального елемента, то тут у конструкції використовується кільце з намагніченими секторами (мультиполюсне).

Будова та принцип роботи активного датчика швидкості

Суть роботи активних елементів є різною. У магніторезистивному варіанті постійно мінливе поле (від задавального кільця) призводить до змін показань опору в датчику. В елементі Холла це поле змінює саму напругу. В обох випадках створюється імпульс, яким можна розрахувати швидкість обертання.

Елементи активного типу набули широкого поширення завдяки високій точності вимірів на будь-яких швидкостях. На рис. 30.5 зображено активний датчик ABS.

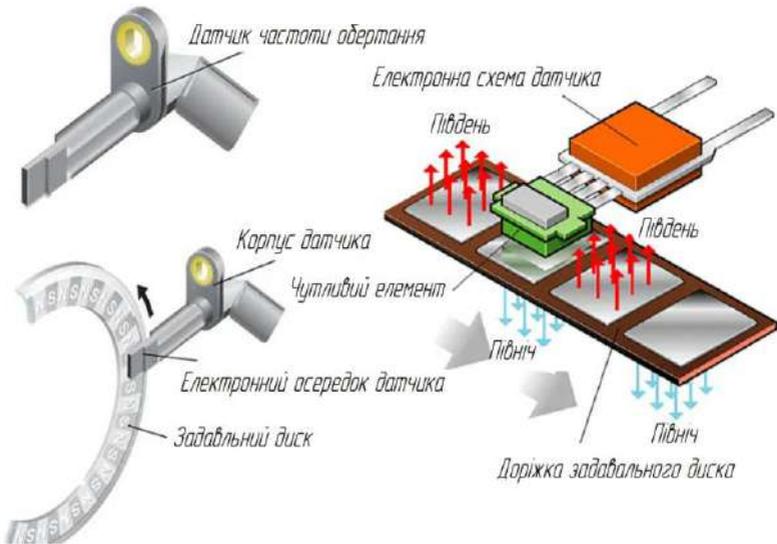


Рисунок 30.5 – Активний датчик

Виконавчий механізм

Виконавчий механізм (рис 30.6) (його ще називають гідроблоком або модулем ABS) – найскладніший за конструкцією та складається з ряду елементів:

- електромагнітні клапани (впускний, випускний);
- акумулятори тиску;
- насос зворотної подачі;
- амортизаційна камера.

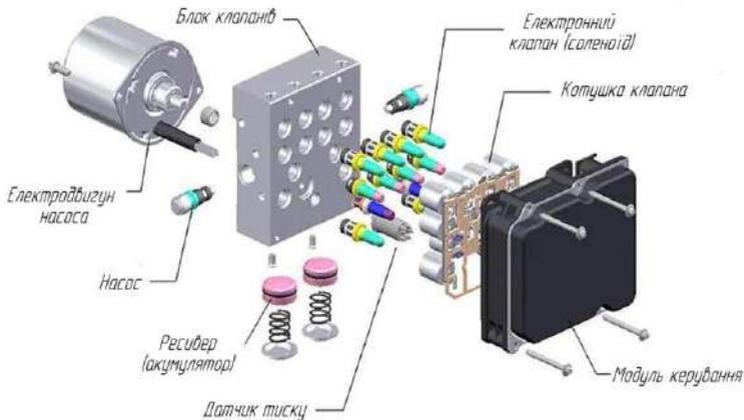


Рисунок 30.6 – Виконавчий механізм

Режими роботи

Антиблокувальна система гальм може працювати у трьох режимах:

– *Нагнітання*. У цьому режимі гальма працюють за звичайною схемою. Після натискання на педаль рідина поступає до механізму, колесо уповільнює обертання. При цьому режимі впускний клапан відкритий, а випускний перекритий, тобто рідина рухається тільки по магістралі.

– *Утримання*. Якщо блок за сигналами обчислить, що одне з коліс знижує обертання швидше за інші, то він перекриє впускний клапан. У результаті зусилля механізму перестане наростати, тому уповільнення

колеса зупиняється на певному рівні. На інших механізмах зусилля продовжуватиме наростати.

– *Скидання тиску*. Якщо навіть після переходу в режим утримання колесо все одно продовжує сповільнюватися, блок керування задіє випускний клапан (впускний перекриває) і частина рідини йде в акумулятор тиску, тим самим забезпечує зниження тиску в механізмі (колесо відпускається і починає нарощувати швидкість). Як зазначено вище, один акумулятор призначений для двох гальмівних механізмів (що входять до контуру). Бувають ситуації, коли тиск скидається відразу з цих двох механізмів, тому обсягу акумулятора може просто не вистачити. І тоді в роботу входить насос, перекачуючи надлишок в основну магістраль.

Переваги й недоліки

До інших переваг цієї системи також належать:

– збереження траєкторії руху під час гальмування під час входу в поворот;

– при гальмуванні допускається маневрування;

– зручність для водіїв-початківців.

Але *ABS* не є ідеальною. За певних умов ця система може некоректно функціонувати та допускати помилки. А це позначається на ефективності гальмування та може дезорієнтувати водія.

Такими умовами є: 1) дорога із проблемним покриттям; 2) пісок; 3) покриття з вибоїнами, «гребінка».

Контрольні запитання

1. Динаміка розвитку системи *ABS*. Основні відмінності.
2. Докладно поясніть принцип роботи *ABS*.
3. Недоліки системи *ABS*.
4. Якими бувають датчики кутових швидкостей?
5. З чого складається виконавчий механізм?

Лабораторна робота 31

СИСТЕМА НАХИЛУ КАБІНИ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу систем нахилу кабіни вантажних автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати з конструкції нахилу кабіні;
- електронний інформаційний матеріал за конструкціями нахилу кабіні.

Завдання до роботи:

- визначити та класифікувати системи нахилу;
- вивчити складові частини систем нахилу кабіні, виділити складові механізми і пристрої. Визначити їх призначення;
- вивчити параметри для об'ємного гідроприводу.

Загальні відомості

В автомобілях з безкапотною кабіною передбачена важлива допоміжна система – механізм нахилу з гідроциліндром у ролі силового елемента. Циліндр механізму нахилу кабіни (циліндр МНК, гідроциліндр МНК) – виконавчий пристрій механізму нахилу кабіни вантажних автомобілів з безкапотним компонованням. На рис. 31.1 подано схематично нахил кабіни вантажного автомобіля.

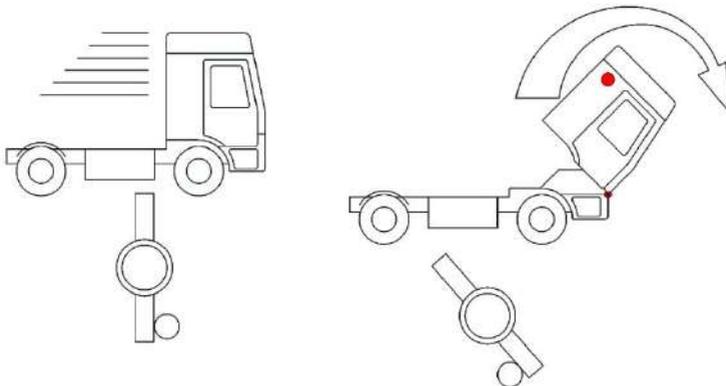


Рисунок 31.1 – Схема нахилу кабіни вантажного автомобіля

Основні компоненти системи наведені на рис. 31.2:

- циліндр;
- ручний насос;
- гідравлічні замки;
- трубопроводи;
- електричний насос (додаткова опція).

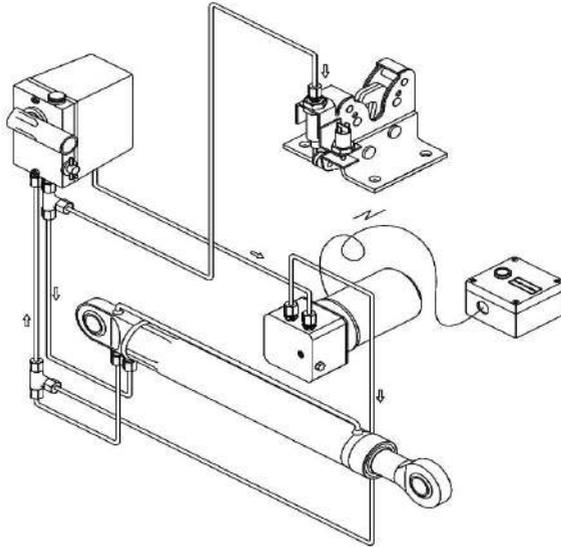


Рисунок 31.2 – Основні компоненти системи нахилу кабіни

Циліндр МНК має кілька функцій:

- підйом кабіни для обслуговування або ремонту двигуна та інших систем;
- допомога механізму врівноваження у підтримці кабіни в перекинутому положенні;
- плавне опускання кабіни без поштовхів і ривків.

Цей гідроциліндр входить до складу механізму перекидання кабіни (система в деяких автомобілях об'єднана з механізмом підйому запасного колеса), який складається з ручного масляного насоса, двох трубопроводів, бачка для робочої рідини і, власне, циліндра МНК. Цей механізм працює автономно від двигуна та інших агрегатів автомобіля,

він монтується під кабіною на лонжероні рами. Циліндр значно полегшує і прискорює роботи з обслуговування автомобіля, забезпечуючи вимоги техніки безпеки, тому при його поломці слід якомога швидше виконати ремонт або заміну. Для правильного вибору гідроциліндра необхідно розібратися в його конструкції, роботі та деяких особливостях.

Конструкція і принцип роботи циліндра механізму нахилу кабіни

На сьогодні на всіх автомобілях з безкапотним компонованням використовуються гідроциліндри МНК двосторонньої дії з вбудованим механізмом дроселювання гідроприводу.

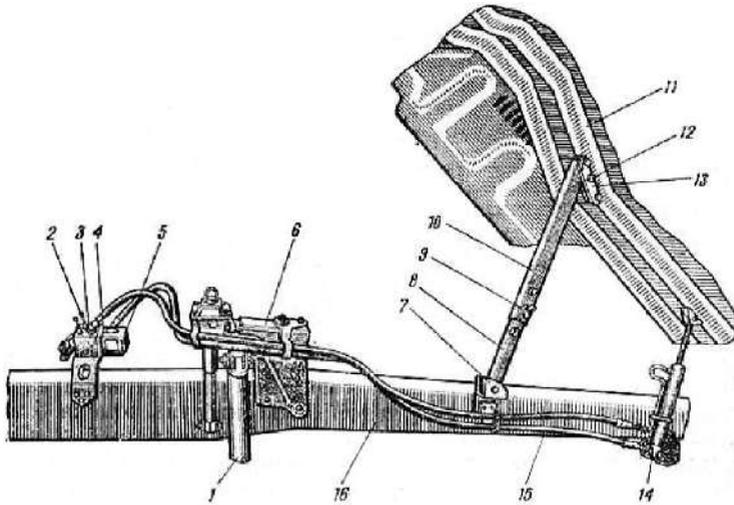


Рисунок 31.3 – Механізм нахилу кабіни (на прикладі КамАЗ-4310):

- 1 – амортизатор передньої підвіски; 2 – рукоятки керування; 3 – рукоятка приводу; 4 – гідралічний насос; 5 – бачок; 6 – підвіска кабіни;
- 7 – нижній кронштейн; 8 – нижня стійка обмежувача; 9 – стопорна шпилька;
- 10 – верхня стійка обмежувача; 11 – поздовжня балка кабіни;
- 12 – палець подовжувача; 13 – верхній кронштейн; 14 – гідралічний циліндр;
- 15 – гідропривід; 16 – лонжерон рами

Основу конструкції цього пристрою становить сталевий циліндр, закритий з обох торців кришками. На кришці, що закриває нижній торець циліндра, розташовується вушко для шарнірного монтажу на лонжерон рами автомобіля. Усередині циліндра розташовується поршень з кільцями ущільнювачів, поршень з'єднаний зі сталевим штоком, який

проходить через верхню кришку (ущільнення забезпечується манжетою) і закінчується вушком для шарнірного з'єднання з поздовжньою балкою або іншим силовим елементом kabіни.

У кришках гідроциліндра (рис. 31.4) МНК розташовуються штуцери (або болти-штуцери) для приєднання трубопроводів. У верхній кришці (з боку виходу штока) штуцер відразу переходить у канал, через який здійснюється подача і відведення робочої рідини з циліндра. У нижній кришці (з боку установки на раму) розташований дросель (дросельний вузол) і / або зворотний клапан, які обмежують швидкість витікання робочої рідини з циліндра при опусканні kabіни. Дросель являє собою звуження каналу, виточене в кришці, прохід якого може бути постійним або змінюватися регульовальним гвинтом. А зворотний клапан (він же гідрозамок) запобігає витoku робочої рідини з порожнини циліндра при піднятій kabіні.

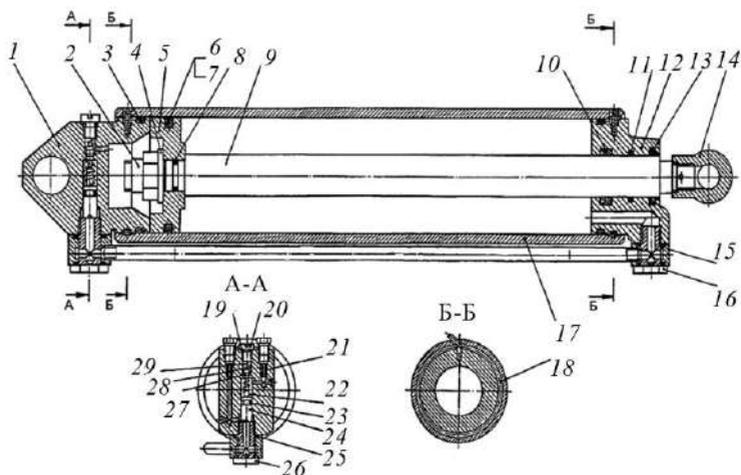


Рисунок 31.4 – Конструкція циліндра МНК:

- 1 – нижня кришка; 2 – гайка; 3, 7, 8, 11, 19, 23, 25 – кільце; 4, 6 – шайба;
 5 – поршень; 9 – шток; 10 – манжета; 12 – верхня кришка;
 13 – пілоснімач; 14 – наконечник з вушком; 15 – трубопровід;
 16, 26 – болт-штуцер; 17 – гільза; 18 – штифт; 20 – пробка клапана;
 21 – дросель; 22, 29 – пружина; 24 – поршень клапана; 27 – кулька;
 28 – гніздо

Принцип роботи гідроциліндра МНК простий. При необхідності підняти кабіну, насос приводиться в обертання і масло по трубопроводу надходить до нижньої кришки циліндра, рідина проходить через канали в циліндр і штовхає поршень. Під дією створеного рідиною тиску поршень рухається і через шток штовхає кабіну, забезпечуючи її перекидання. При необхідності повернути кабіну в початкове положення, масло подається в верхню кришку циліндра, через яку надходить у циліндр і штовхає поршень – під дією створеного зусилля поршень рухається вниз і опускає кабіну. Однак у нижній кришці циліндра розташовується дросель, який перешкоджає швидкому витіканню масла з порожнини. Так створюється сила, що обмежує швидкість опускання кабіни, запобігає ударам і поштохам.

Швидкість підйому і опускання кабіни регулюється дроселем і зворотним клапаном, для чого на верхній кришці циліндра МНК передбачені відповідні гвинти (з головкою під шліц або з шестигранником під ріжковий ключ).

Циліндри умовно можна поділити на дві групи за способом підведення робочої рідини:

- з підключенням магістралей безпосередньо до верхньої і нижньої кришки;

- з підключенням магістралей до однієї кришки (зазвичай до нижньої) з подачею масла на другу кришку за рахунок вбудованої металеві трубки.

Найбільш просто влаштовані циліндри МНК першого типу – на їх обох кришках розташовані штуцери, до яких підключаються трубопроводи (шланги) від насоса МНК. Гідроциліндри другого типу влаштовані складніше, обидва штуцери розташовані на нижній кришці, проте один штуцер пов'язаний зі сталевією трубкою, через яку масло надходить до верхньої кришки. Пристрої другого типу дозволяють

скоротити довжину масляних магістралей і підвищити їх надійність, оскільки вони знаходяться в одній площині і при підйомі / опусканні кабіни деформуються синхронно.

Сучасні циліндри МНК зазвичай мають невеликі габарити (довжину в межах 200–320 мм при діаметрі 20–50 мм) і розраховані на тиск масла 20–25 МПа. Пристрої описаної конструкції застосовуються як на вітчизняних вантажівках (КАМАЗ, МАЗ, Урал), так і на автомобілях іноземного виробництва (*Scania, IVECO, DAF* та ін.).

Привід підйому кабіни вантажного автомобіля

Переваги ОГП у гнучкому зв'язку між насосом і гідроциліндрами за допомогою рукавів високого тиску і можливістю отримання значних тягових зусиль при малих габаритах гідропрстроїв дозволяють досить просто і надійно реалізувати режим перекидання (підйому-опускання) кабіни, капота або запасного колеса при технічному обслуговуванні вантажних автомобілів. Для створення гідравлічної потужності використовують насоси з ручним, електричним або пневматичним приводом. Останні істотно полегшують працю водія, оскільки робота з ручним насосом вимагає до 100 і більше обернено-поступальних рухів привідної рукоятки із зусиллям до 350 Н. Вимоги щодо забезпечення комфортних умов для водія при русі й технічному обслуговуванні та ремонті автомобіля спричинили створення спеціальних ОГП та окремих гідропрстроїв. Наприклад, фірма «*POWER-PACKER*» (Нідерланди) розпочала виробництво ОГП кабін у 1973 р., у тому числі з диференціальним підключенням гідроциліндра *R-HLM* у 1981 р., системами «*HYCAB*» з реверсивним насосом у 2002 р., і гідравтоматики при недиференціальному підключенні гідроциліндра *C-HLM* у 2003 р.

Особливістю сучасних ОГП перекидання кабіни є забезпечення «плавання» підресореної кабіни на ходу автомобіля, для реалізації чого необхідно, щоб гідроциліндр, жорстко пов'язаний з рамою автомобіля

своїм корпусом і штоком з кабіною, мав режим вільного ходу штока в діапазоні ходу підресорювання (рис. 31.5):

- за рахунок люфту між вушком штока гідроциліндра Ц1 і пальцем кабіни (наприклад, в а/м МА3-64221, рис. 31.5, а);

- за рахунок перетікання *PP* з порожнини *A* в порожнину *B1* (*B*) гідроциліндра *Ц2* при звичайному (недиференціальному) підключенні порожнин (рис. 31.5, б). При цьому вільний хід поршня забезпечується за допомогою блока гідравтоматики БГА (*C-HLM*) або за допомогою блока гідравтоматики та додаткової поршневої камери (а/м МА3-6430);

- за рахунок перетікання *PP* з порожнини *A* в порожнину *B1* (*B*) в гідроциліндрах *Ц3* і *Ц4* (рис. 31.5, в і г) при диференціальному підключенні порожнин, тобто при їхньому постійному з'єднанні з лінією нагнітання насоса при підйомі кабіни (*R-HLM*). Для реалізації диференціального підключення порожнин гідророзподільники *P3* (на схемі показаний в позиції опускання кабіни) і *P4* (в позиції підйому) мають відповідну комутацію каналів, відмінну від схем у гідророзподільниках *P1* і *P2*. Крім того, відмінність полягає в тому, що в гідроциліндрі *Ц3* виконана зовнішня сполучна магістраль *A–B1*, а в гідроциліндрі *Ц4* об'єднання безштокової і штокової порожнин здійснюється за рахунок виготовлення гільзи гідроциліндра конічної форми в її нижній основі).

Схеми з недиференціальним підключенням дозволяють створювати максимальне зусилля при підйомі кабіни, пропорційне тиску тільки в поршневій порожнині, а схеми з диференціальним підключенням мають суттєво знижене зусилля.

На рис. 31.6, в ОГП розробки ХНАДУ забезпечується створення максимального зусилля за рахунок виключення протитиску в штоковій порожнині й автоматичний режим «плавання» підресореної кабіни.

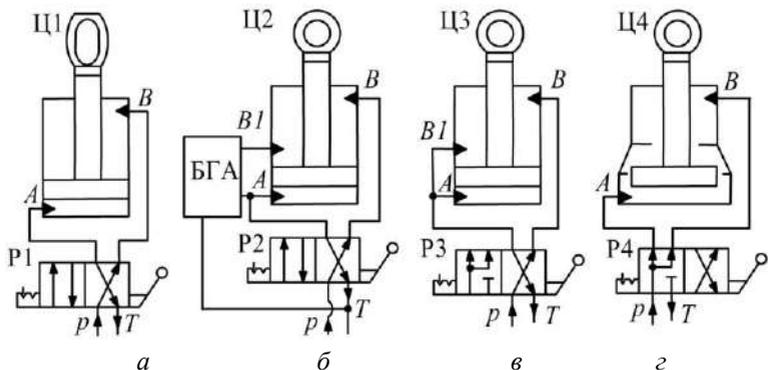


Рисунок 31.5 – Конструктивні схеми гідроциліндрів, що забезпечують режим «плавання» підресореної кабіни автомобіля

До складу ОГП входять блоки *A* насоса і *B* гідроциліндра та системи гідроавтоматики, з'єднані рукавами високого тиску *PВД1* і *PВД2* для сполучення зазначених блоків. Блок *A* включає насос *H* з ручним приводом, гідророзподільник *P1* (двопозиційний, чотирипровідний, з ручним керуванням режимами), всмоктувальний *KO1* і нагнітальний *KO2* клапани, запобіжний клапан *KП1* високого тиску, гідробак *B*, запобіжний клапан *KП2* в гідробаку і всмоктувальний фільтр *Ф1*.

Додатково до стандартної комплектації насоса *H* уведені зворотний клапан *KO7* з фільтром *Ф4* і сапуном *C*. Блок *B* містить гідроциліндр *Ц*, односторонній гідрозамок *ЗМ*, дроселі *ДР1* і *ДР2*, блок *БГА* (рис. 31.6, б) що включає гідророзподільник *P2* (двопровідний, двопозиційний, з гідрокеруванням), зворотні клапани *KO3...KO6* і фільтри *Ф2* і *Ф3*.

Порядок функціонування *ОГП* на різних режимах:

1. *Підйом кабіни* (положення гідророзподільника *P1* згідно з рис. 31.6, а). При нагнітанні *PP* насосом *H* по лінії $p \rightarrow A \rightarrow PВД1 \rightarrow \Phi2 \rightarrow (KO5 \text{ і } ДР1) \rightarrow ЗМ \rightarrow A1$ (безштокова порожнина гідроциліндра *Ц*) під дією тиску керування $p_y = p$ (рівного тиску нагнітання насоса *H*) гідророзподільник *P2* займає положення, відповідне роз'єднанню порожнин *A1* (*A2*) і *B2* (*B3*).

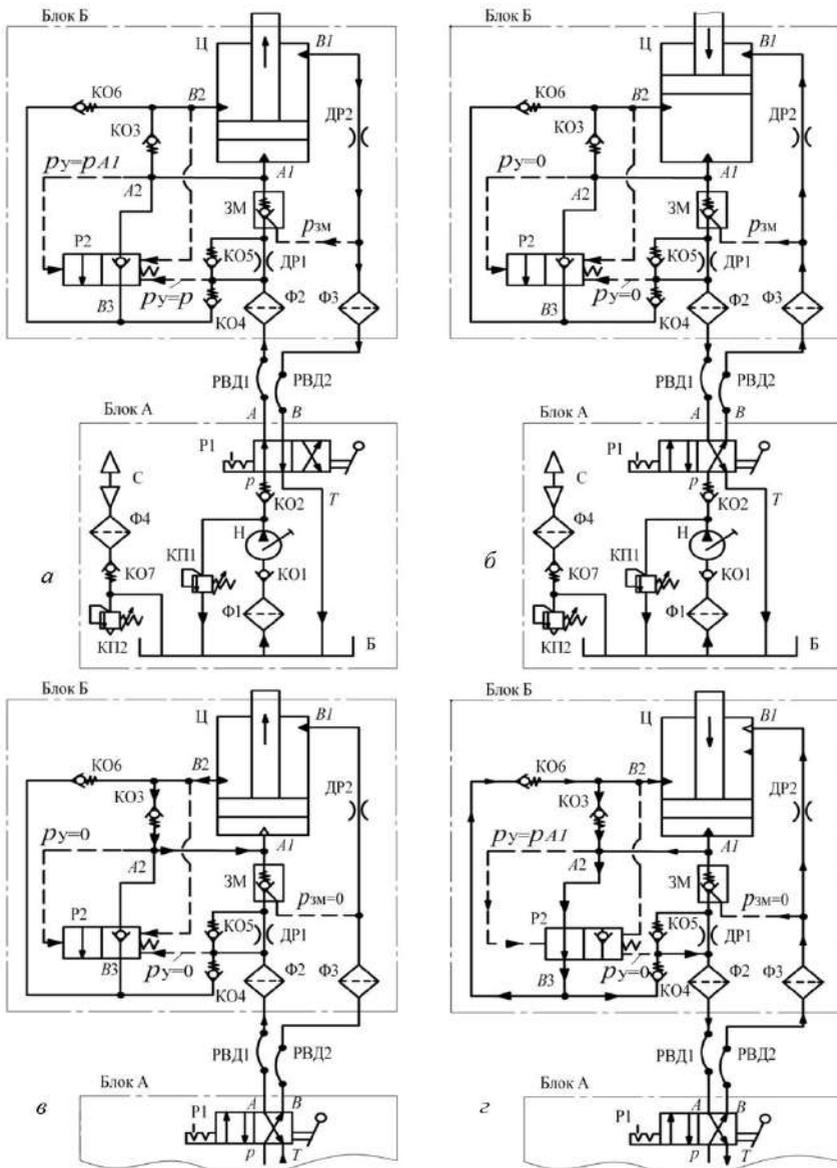


Рисунок 31.6 – Гідравлічна принципова схема ОГП підйому kabіни з блоком гідроавтоматики (P2) «плавання» підресореної kabіни

Зворотні клапани $KO3$ і $KO4$ перешкоджають сполученню лінії насоса p з порожниною $B2$ гідроциліндра.

Зворотний клапан $KO5$, розташований паралельно дроселю $DP1$, забезпечує мінімальний гідравлічний опір у лінії нагнітання PP . Витіснення PP з штокової порожнини в гідробак B відбувається по лінії $B1 \rightarrow DP2 \rightarrow \Phi3 \rightarrow PBД2 \rightarrow B \rightarrow T$.

2. *Режим утримання кабіни у верхньому (до точки закидання) положенні.* Такий режим забезпечується за рахунок створення різниці зусиль на регулюючий орган гідророзподільника $P2$, конструкція якого забезпечує пружиною підвищене зусилля з боку $B2$ у порівнянні з $A1(A2)$ і роз'єднання порожнин $A1(A2)$ і $B3(B2)$. Утримання кабіни в проміжному положенні залежить тільки від герметичності поршня гідроциліндра \mathcal{C} , гідрозамка $ЗМ$, гідророзподільника $P2$ і зворотного клапана $KO5$.

3. *Режим опускання кабіни.* Гідророзподільник $P1$ зміщують вліво (рис. 31.6, б), і при нагнітанні PP насосом H в штокову порожнину $B1$ гідроциліндра \mathcal{C} (через фільтр $\Phi3$ і дросель $DP2$) під дією тиску $p_{ЗМ}$ автоматично відкривається гідрозамок $ЗМ$, що забезпечує опускання кабіни вниз. При цьому гідророзподільник $P2$ автоматично (за рахунок різниці зусиль на його регулюючий орган) утримується в положенні роз'єднання порожнин $A1(A2)$ і $B2(B3)$. При припиненні нагнітання PP насосом H кабіна утримується в заданому положенні (див. п. 2). Дросель $DP1$ забезпечує мінімальну швидкість опускання кабіни.

4. Плаваючий режим при мимовільному підйомі кабіни вгору (рис. 31.6, в) призводить до висунення поршня гідроциліндра \mathcal{C} вгору і PP витісняється із штокової порожнини в поршневу через зворотний клапан $KO3$. Компенсація PP у поршневій порожнині (через різницю площ порожнин) здійснюється за рахунок всмоктування PP з гідробака B завдяки наявності сапуна C і зворотного клапана $KO7$ (див. рис. 31.6, а і б) по лінії $B \rightarrow T \rightarrow A \rightarrow PBД1 \rightarrow \Phi2 \rightarrow (DP1 \text{ та } KO5) \rightarrow ЗМ \rightarrow A1$. Гідророзподільник $P2$ знаходиться в закритому положенні за рахунок більш високого тиску в порожнині $B2$ порівняно з $A2(A1)$. Зворотний клапан $KO5$ забезпечує мінімальний гідравлічний опір при всмоктуванні PP з гідробака B .

5. Плаваючий режим при мимовільному опусканні кабіни вниз (рис. 31.6, з). Під час руху поршня вниз тиск у порожнині $A1$ ($A2$) зростає, а в порожнині $B2$ падає. За рахунок створення різниці тисків гідророзподільник $P2$ займає крайнє праве положення, при якому його порожнини $A1$ ($A2$) і $B3$ сполучені та PP з поршневої порожнини витісняється:

– у штокову порожнину по лінії $A1 \rightarrow A2 \rightarrow B3 \rightarrow KO6 \rightarrow B2 \rightarrow Ц$;

– у бак B по лінії $A1 \rightarrow A2 \rightarrow B3 \rightarrow KO4 \rightarrow \Phi2 \rightarrow PVД1 \rightarrow A \rightarrow T$;

6. Аварійний режим при розриві рукава високого тиску $PVД1$. Такий режим відповідає п. 2 (утримання кабіни). Для опускання кабіни нагнітають PP у штокову порожнину гідроциліндра $Ц$, при цьому PP з поршневої порожнини зливається на землю. Для заміни $PVД1$ необхідно попередньо встановити механічний упор між кабіною і рамою автомобіля.

ОГП кабіни з реверсивним по напрямку обертання і подання PP насосом моделі «*НУСАВ*» (рис. 31.7) має моноблокову конструкцію, що включає гідроциліндр $Ц$ з одностороннім штоком, насос H з реверсивним привідним електродвигуном «*м*», гідрозамок $ЗМ$, двопозиційний двопровідний гідророзподільник P з двостороннім гідравлічним керуванням, запобіжний клапан $КП$, блок A зворотних клапанів $KO1$ і $KO2$, клапан тиску $КДа$ («*або*»), фільтри $\Phi1... \Phi3$ і повітряний (сапун) $\Phi4$, гідродроселі $ДР1$ і $ДР2$, і гідробак B . Реверсивне обертання насоса H забезпечує зміну напрямку подання PP по лінії A або B . Вихід A насоса H сполучений з отвором у безштоковій порожнині $A1$ гідроциліндра $Ц$ послідовним ланцюгом гідропристроїв $\Phi1, ДР1$ і $ЗМ$. Вихід B насоса H сполучений з отвором $B1$ штокової порожнини гідроциліндра послідовним ланцюгом гідропристроїв $\Phi2, КДа$, і $ДР2$. Запобіжний клапан $КП$ встановлений паралельно лінії $B - B1$. Для повідомлення лінії $A - A1$ із запобіжним клапаном служить клапан тиску $КДа$, завдяки якому в *ОГП* встановлюють тільки один запобіжний клапан $КП$ замість двох у кожній лінії $A - A1$ і $B - B1$. Трубопровід між отворами $A1$ і $B2$ об'єднує штокову і безштокову порожнини гідроциліндра на ділянці вільного ходу поршня (штока) для забезпечення «плавання» підресореної кабіни.

Гідророзподільник P приєднаний до гідросистеми паралельно лінії $A - A1$ з лініями керування під торцями золотника до і після дроселя $ДР1$. Злив PP із гідророзподільника P здійснюється в бак $Б$. Блок A зворотних клапанів має трипровідне виконання, що забезпечує автоматично постійне сполучення з баком $Б$ (через фільтр $\Phi3$) і з однією з ліній $A - A1$ або $B - B1$ залежно від напрямку подання потоку PP до гідроциліндра від насоса H : при нагнітанні PP по лінії $A - A1$ – клапан $KO1$ в цій лінії перекривається, а всмоктування PP відбувається з боку лінії B через клапан $KO2$; при нагнітанні по лінії $B - B1$ клапан $KO2$ закривається, а клапан $KO1$ відкривається. Гідрозамок $ЗМ$ одностороннього типу служить для фіксації кабіни і має трипровідну схему (дві лінії в послідовному ланцюзі $A - A1$ на вході і виході з гідрозамка, а лінія керування сполучена з лінією $B - B1$).

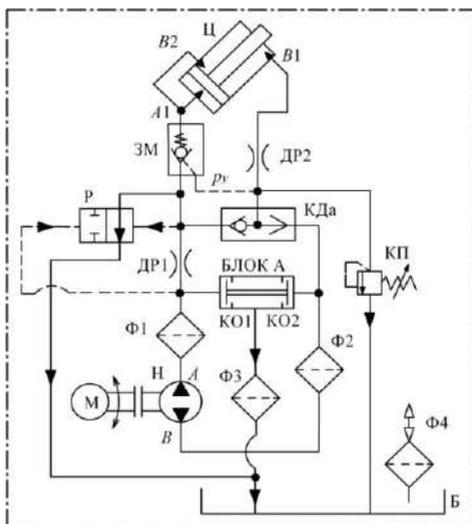


Рисунок 31.7 – Гідравлічна принципова схема моноблокового *ОПП* кабіни з реверсивним електродвигуном обертання насоса моделі «*НУСАВ*» фірми «*POWER-PACKER*»

При підйомі кабіни насос H нагнітає PP по ланцюгу A , $\Phi1$, $ДР1$ і $ЗМ$ у безштокову порожнину $A1$ гідроциліндра $Ц$ і за допомогою клапана

КДа через дросель *ДР2* у штокову порожнину *В1* гідроциліндра (кулька в клапані *КДа* переміщується при цьому вправо). Обидві порожнини гідроциліндра *А1* і *В1* сполучаються між собою при однаковому тиску завдяки тому, що гідроциліндр має диференціальну схему підключення. У зв'язку з різницею площ порожнин поршень починає переміщатися вгору. Течія *РР* через дросель *ДР1* призводить до створення на ньому перепаду тисків і різниці сил, що діють на гідророзподільник *Р*, завдяки чому його золотник зміщується вправо і перекриває прохід *РР* у гідробак *Б*.

Досягши верхнього положення кабіни відключають електродвигун «м», і завдяки гідрозамку *ЗМ* шток гідроциліндра разом з кабіною фіксуються в заданому положенні. Для опускання кабіни реверсують подачу насоса *Н* шляхом зміни напрямку його обертання електродвигуном «м». При цьому *РР* надходить з отвору *В* через фільтр *Ф2*, клапан *КДа* і дросель *ДР2* у штокову порожнину *В1* гідроциліндра, а по каналу керування *p_y* в гідрозамок *ЗМ*, відкриваючи його. З безштокової порожнини *А1* йде витіснення *РР* через гідрозамок *ЗМ*, дросель *ДР1*, відкритий клапан *КО1* і фільтр *Ф1* у магістраль *А* всмоктування насоса. Надлишок зливної з-під поршня *РР* (через різницю об'ємів *РР* між штоковою і безштоковою порожнинами) зливається через гідророзподільник *Р* у гідробак *Б*. Золотник гідророзподільника *Р* при цьому зміщений вліво (як показано на схемі) завдяки перепаду тисків на дроселі *ДР1* (тиск перед дроселем вищий, ніж за дроселем). При досягненні кабіною нижнього положення, що відповідає об'єднанню порожнин гідроциліндра, за допомогою отворів *А1* і *В2* реалізується «плаваючий» режим роботи *ОГП*. Наприклад, при русі поршня вгору *РР* зі штокової порожнини витісняється по каналу *В2 – А1* у безштокову (поршневу) порожнину, крім того, її недолік у цій порожнині компенсується за рахунок всмоктування із гідробака *Б* через гідрозамок *ЗМ*, дросель *ДР1*, клапан *КО1* і фільтр *Ф3*. При русі поршня вниз *РР* перетікає по лінії *А1 → В2 → В1* і підвищення тиску в лінії керування *p_y* викликає відкриття гідрозамка *ЗМ* і злив *РР* через дросель *ДР1*, зворотний клапан *КО1* і фільтр *Ф3* в бак *Б*. Крім того, перепад тисків на

дроселі *ДР1* призводить до зміщення золотника гідророзподільника *Р* вліво (як показано на схемі) і частина потоку *РР* зливається в бак *Б*.

Основні параметри, розміри, технічні вимоги, вимоги безпеки і правила приймання та методи випробувань ручних насосів та інших гідропрстроїв перекидання кабін автомобілів регламентовані. Вимоги до безпеки механізмів з ОГП зводяться до забезпечення фіксації кабіни в крайньому піднятому положенні, а також у будь-якому проміжному положенні у разі припинення подачі *РР* або розгерметизації підвідних трубопроводів. Крім того, автомобілі повинні мати страхувальні пристрої (трос або упор), що забезпечують утримання кабіни в крайньому піднятому положенні. Тривалість циклів підйому і опускання кабіни (капота) при використанні насосів з електроприводом знаходиться в межах 24...60 с і до 100...150 циклів поршнів для ручних насосів.

Для ОГП кабін, що задовольняють сучасним вимогам за масо-габаритними показниками, і безпеки необхідне створення гідрозамків, дроселів, гідророзподільників, клапанів запобіжних і фільтрів з умовним проходом до 2 мм і насосів на тиск до 40 МПа та високим рівнем герметичності. Реалізація таких вимог потребує проведення комплексу науково-дослідних і конструкторських робіт у взаємозв'язку з підбором матеріалів, високоточного фінішного металорізного обладнання та метрологічних засобів.

Контрольні запитання

1. Призначення МНК.
2. Основні елементи конструкції та принцип дії МНК.
3. Конструкція та характеристики гідроциліндра.
4. Конструктивні схеми гідроциліндрів, що забезпечують режим «плавання» підресореної кабіни автомобіля.
5. Гідравлічна принципова схема *ОГП* підйому кабіни з блоком гідроавтоматики (*Р2*) «плавання» підресореної кабіни. Принцип роботи.
6. Гідравлічна принципова схема моноблокового *ОГП* кабіни з реверсивним електродвигуном обертання насоса моделі «*НУСАВ*» фірми «*POWER-PACKER*».

Лабораторна робота 32

СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ

Мета роботи – вивчити призначення, конструкцію і роботу сучасних систем освітлення, що використовуються в автомобілі.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати з конструкції систем освітлення;
- електронний інформаційний матеріал з конструкцій систем освітлення;

- автомобільна фара в розрізі;

- автомобіль.

Завдання до роботи:

- вивчити конструкцію та принцип роботи систем освітлення;
- визначити особливості конструкцій адаптивних систем освітлення;
- визначити особливості конструкцій скануючих систем освітлення.

Автомобільні фари

Прилади освітлення автомобіля призначені для забезпечення безпеки руху та зручності експлуатації його у будь-який час доби та за різних умов дорожнього та позашляхового руху, а також на стоянках та зупинках.

До приладів освітлення належать фари, габаритні передні та задні ліхтарі, ліхтарі освітлення номерного знака, ліхтарі освітлення салону та багажного відділення, лампочки освітлення моторного відсіку та речового ящика, а також лампочки підсвічування панелі управління, різних шкал та ін.

Еволюція автомобільної фари

1895. Свічкові та бензинові пальники.

1908. Електричні фари, що живляться акумулятором.

1913. «Бош лайт» представляє повну систему фар головного світла з динамо та регулятором.

1915. З'являються дві окремі фари для ближнього та дальнього світла з можливістю незалежного регулювання.

1924. Колба «Білюкс» ближнього та дальнього світла для одного відбивача.

1957. Ближнє, дальнє, габаритне світло, поворотники починають об'єднувати в одному корпусі. З'являється перша фара з асиметричним розподілом світла.

1961. Дебютує оптика прямокутної форми.

1962. Перші галогенні лампи.

1965. Двофокусний відбивач для ламп стандарту H1 для ближнього та дальнього світла.

1971. Лампи стандарту H4 з подвійною ниткою розжарювання.

1974. Перший електричний коректор кута нахилу фар.

1983. Фара прожекторного типу.

1988. Технологія фокусу фари, що варіюється.

1992. Перше покоління ксенонових фар виходить на ринок.

1993. Фари з пластиковими відбивачами вперше у продажу.

1995. Дебют біксенонової технології.

1999. Презентація активного світла.

2006. Світова прем'єра розумного світла.

Адаптивні системи освітлення

Спроби повернути фари автомобіля за кермовим колесом автомобілебудівники почали робити відразу після появи самих фар. Однак механічний зв'язок фар і рульового колеса не дозволяв співвідносити кут повороту променів зі швидкістю руху.

Адаптивне освітлення (система адаптивного освітлення) – пристрій, призначений покращити головне освітлення автомобіля за рахунок вбудованої інтелектуальної системи повороту фар. З такою системою освітлення дороги покращується на 30–40 %.

У нічний період, освітленість дороги є найважливішим аспектом. Адже якщо дорога добре освітлена, то можна уникнути зіткнення з предметом або уникнути попадання в яму, або, що ще гірше, уникнути наїзду на пішохода. Інженери майже всіх великих компаній б'ються над удосконаленням світлового потоку фар автомобіля. З упевненістю можна сказати, що при лінійному русі зараз практично всі виробники досягли вражаючих результатів. Та ще й не в межах міста (де є міське освітлення), а на дорозі. Кожен новий крутий поворот може готувати купу сюрпризів – від ям на дорозі до пішоходів. Уся справа в тому, що на звичайному автомобілі світловий потік рухається паралельно автомобілю

(жорстко прив'язаний). У темний час доби таке освітлення працює не дуже ефективно, особливо це дається взнаки при поворотах. Вам потрібно повернути, щоб висвітлити поворот.

Адаптивне освітлення працює інакше. Фари жорстко не прив'язані до кузова автомобіля, а реагують на поворот керма і направляють світловий потік туди, куди повертає автомобіль. Також система стежить за розташуванням потоку по вертикалі, тобто автоматично вирівнює рівень. Багатоадаптивне освітлення називають очима, тому вони повертаються подібно до очей. А взагалі такий тип освітлення можна порівняти з кишеньковим ліхтариком, коли ви рухаєтеся дорогою і висвітлюєте саме дорогу з її поворотами, а не узбіччя та куці.

Першими систему адаптивного освітлення запровадила компанія *Volkswagen*. Система отримала назву *AFS (Advanced Frontlighting System)* – перекладається як система адаптивного висвітлення поворотів. Зараз адаптивне висвітлення набуло великого поширення, але, на жаль, система не ставиться в базі, а практично завжди йде додатковими пакетами. Ставиться на автомобілі марок *Opel, Ford, BMW, Mercedes, Volkswagen*, а також ряд японських, корейських і французьких автомобілів.

Максимальний поворот фар зараз становить 15–25°, причому фари знаходяться в поверненому стані. Причому зазвичай повертається найближча фара до повороту, припустимо, ви повертаєте праворуч, повертається права фара, якщо ліворуч – то ліва. Таким чином, світлова пляма виходить великих розмірів і чудово відображає ситуацію на дорозі та в повороті.

Принцип роботи AFS

Фара залишається нерухомою, повертається світловий блок, що знаходиться всередині фари. Поворот виконується малим кроковим електродвигуном. У свою чергу, двигун отримує інформацію від бортового комп'ютера, який отримує різну інформацію від датчиків: керма (кут нахилу), швидкості, від датчика *ESP* (при не лінійному русі), датчика дощу, швидкості склоочисників.

Тепер ідея поворотного висвітлення відроджується на новому, електронному рівні. Найпростіше рішення – додаткова бічна лампочка, яка спалахує при повороті рульового колеса або включеному покажчику

поворотів на швидкості до 70 км/год. Подібні фари мають, наприклад, *Audi A8* (перше застосування) та *Porsche Cayenne*. Наступний ступінь – поворотні фари. Ці фари з урахуванням швидкості руху, кута повороту рульового колеса і кутової швидкості автомобіля навколо вертикальної осі (датчик повороту) повертаються за рульовим колесом не більше 15...22° назвоні і 7° всередину. Такими фарами оснащуються *BMW*, *Mercedes*, *Lexus*, *Opel Astra*. Третій варіант адаптивного світла – комбінований. На високих швидкостях активна тільки поворотна фара, а в повільних поворотах або під час маневрування підключається статичне освітлення (воно має більший кут охоплення – до 90 °). Такими фарами обладнано *Opel Signum*.

Прикладом адаптивної системи освітлення є система освітлення *Adaptive Front-Lighting System (AFL)*, що дозволяє пристосовувати напрямок світла до дороги. Ця система поєднує динамічне керування фарами зі статичним управлінням бічним світлом на перехрестях та у вузьких звивистих проїздах. Освітлення дороги при її використанні захоплює значно більший кут, ніж із застосуванням звичайної системи (рис. 32.1).

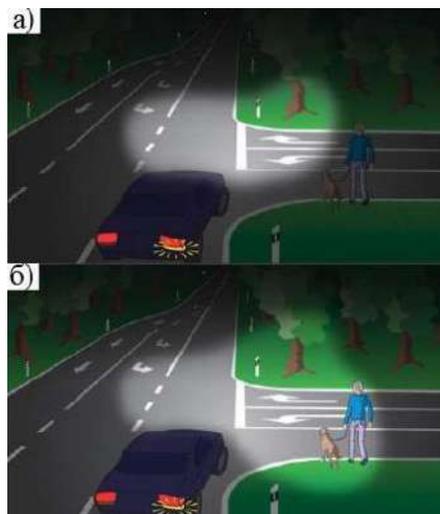


Рисунок 32.1 – Освітлення дороги:
а – зі звичайною системою; б – з адаптивною системою

На магістралі такі фари можуть повертатися у бік віражу на кут до 15° , залежно від швидкості автомобіля та кута повороту кермового колеса. У цьому лівий і правий світлові пучки повертаються на різні кути (рис. 32.2).

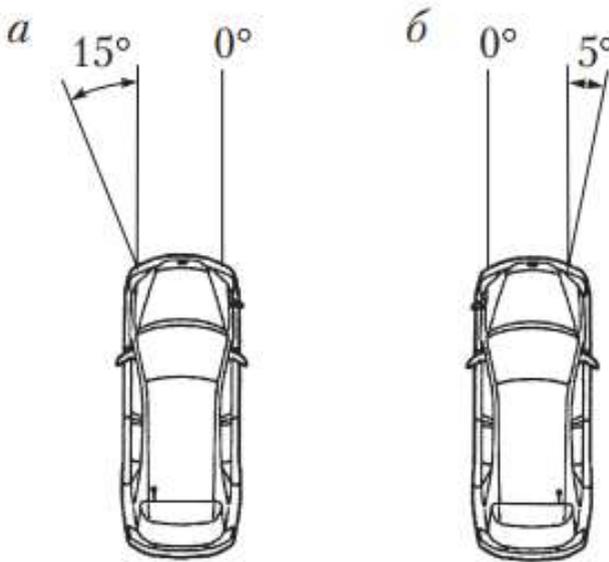


Рисунок 32.2 – Кути повороту фар адаптивної системи при повороті:
a – ліворуч; *б* – праворуч

Адаптивна фара

У дощовий день кут повороту фар може бути скорочений, щоб не засліпити зустрічного водія, що повертає.

Лінійний двигун адаптивної системи повертає блок фари плавно, тому світлова пляма при повороті рухатиметься плавно, без ривків.

Зараз багато виробників впроваджують систему адаптивного освітлення у свої автомобілі штатно, тому що таке освітлення допомагає позбавитися великої кількості аварій.

Автомобілі з адаптивною системою освітлення втричі рідше потрапляють до аварії. Тут, як кажуть, є над чим подумати.

На рисунку 32.3 показано адаптивну фару.

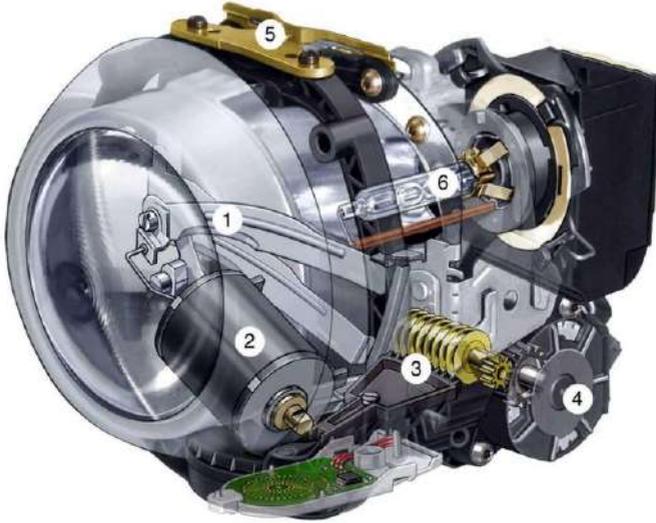


Рисунок 32.3 – Адаптивна фара:

1 – оптичний елемент ближнього/дальнього світла; 2 – актуатор;
3 – черв'ячний редуктор; 4 – електродвигун; 5 – лампа; 6 – механізм повороту оптичного елемента

На швидкості до 40 км/год при проїзді перехрестя та вузьких проїздів задіяна додаткова фара. Вона включається при вмиканні покажчика повороту та з початком повороту рульового колеса.

Прикладом адаптивного (бокового) освітлення може бути статичне освітлення із застосуванням світлодіодів в автомобілях *Audi A8* (рис. 32.4). Для цієї системи у фарі встановлено рефлектор із чотирма світлодіодами, які вмикаються на додаток до ближнього світла.



Рисунок 32.4 – Адаптивне статичне бічне освітлення:

a – адаптивне освітлення не увімкнено; *б* – адаптивне освітлення увімкнено

Для увімкнення додаткових світлодіодів необхідною умовою є робота покажчика повороту при швидкості не більше 40 км/год або поворот рульового колеса на великий кут при швидкості не більше 70 км/год.

Системи відключення дальнього світла та корекції світла фар

З метою неприпустимості засліплення зустрічних водіїв легкові автомобілі можуть бути обладнані автоматичною системою вимкнення дальнього світла. Розпізнавання дорожньої обстановки попереду автомобіля здійснюється відеокамерою дальнього світла, розташованою на підставці внутрішнього дзеркала заднього вигляду, жорстко закріпленою на лобовому склі.

Система забезпечує водієві кращу видимість у темний час доби, тому що дальнє світло завжди залишається увімкненим, якщо дорожня обстановка та умови руху це допускають (рис. 32.5, *a*). Якщо камера системи розпізнає автомобіль, що рухається назустріч або попереду, дальнє світло своєчасно відключається, щоб не засліплювати учасників дорожнього руху (рис. 32.5, *б*). При залишанні розпізнаним автомобілем зони виявлення системи дальнє світло автоматично вмикається (рис. 32.5, *в*).

За освітленістю дороги система розпізнає рух населеними пунктами та містами, відключаючи дальнє світло. Після виїзду з населеного пункту чи міста дальнє світло знову автоматично вмикається. Програмне забезпечення системи здатне розпізнати густий туман, що також призводить до відключення дальнього світла.

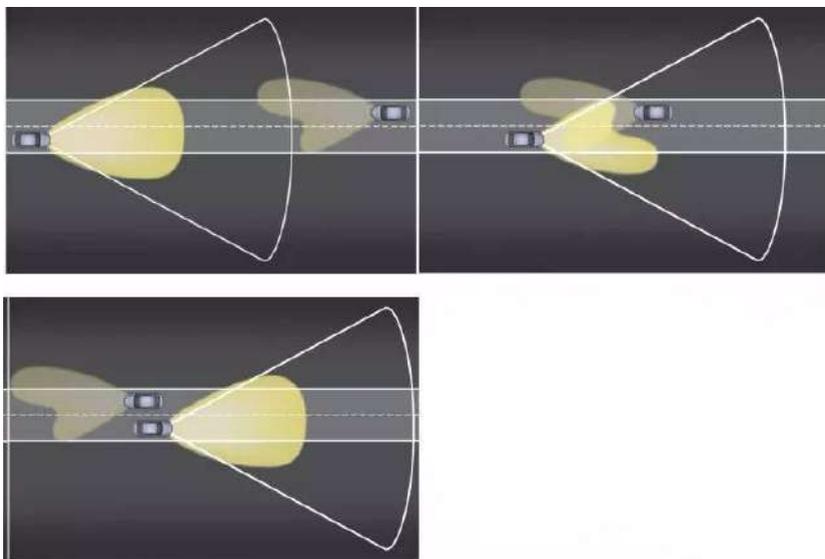


Рисунок 32.5 – Принцип роботи автоматичної системи вимкнення дальнього світла у разі зустрічного автомобіля:

a, б – дальнє світло увімкнене; *в* – дальнє світло вимкнене

Найдосконалішою є автоматична корекція дальності світла фар. Така система плавно перемикає ближнє та дальнє світло фар залежно від фактичних умов навколишнього середовища та дорожньої обстановки. Спеціальна відеокамера в БУ розпізнає зустрічний транспорт. У своїй роботі функція автоматичної корекції дальності світла фар враховує також дані навігації, отримуючи від неї інформацію про розташовані перед автомобілем ділянки маршруту.

Якщо система розпізнає автомобіль, що рухається в зустрічному напрямку, то дальність світла фар зменшується, поки вони повністю не перемикаються в режим ближнього світла (рис. 32.6). Таким чином, унеможливується засліплення водіїв зустрічного транспорту. Після того, як зустрічний автомобіль проїде, якщо тільки дорожня обстановка це допускає, дальність світла фар знову збільшується до дальнього світла.

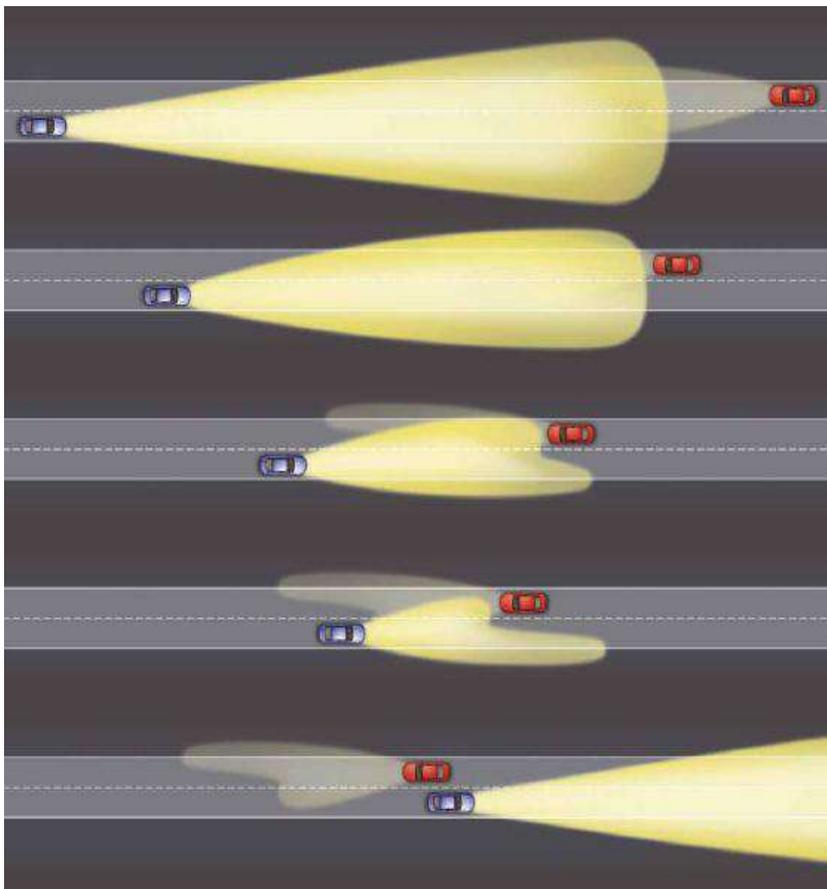


Рисунок 32.6 – Освітлення дороги за наявності зустрічного автомобіля при автоматичній корекції дальності світла фар

Від навігаційної системи надходять дані про наближення до перехрестя. У такому разі вмикається додаткове підсвічування перехрестя (рис. 32.7).



Рисунок 32.7 – Освітлення дороги за наявності перехрестя:
а – без додаткового підсвічування; б – з додатковим підсвічуванням

Однією з сучасних систем освітлення є активне світло, яке застосовується, наприклад, у автомобілів *Touareg*. Головна його особливість полягає в тому, що воно не засліплює водіїв зустрічних автомобілів. Ксенонові прожекторні фари дозволяють їздити з постійно увімкненим далеким світлом. На ближнє світло фари перемикаються автоматично, як тільки камера, встановлена під лобовим склом (вона ж стежить за розміткою), помітить зустрічний або попутний транспорт. У фарах є спеціальна шторка з електроприводом, яка дозволяє перекрити світловий пучок та сформувати потрібний світлотіньовий кордон (рис. 32.8).

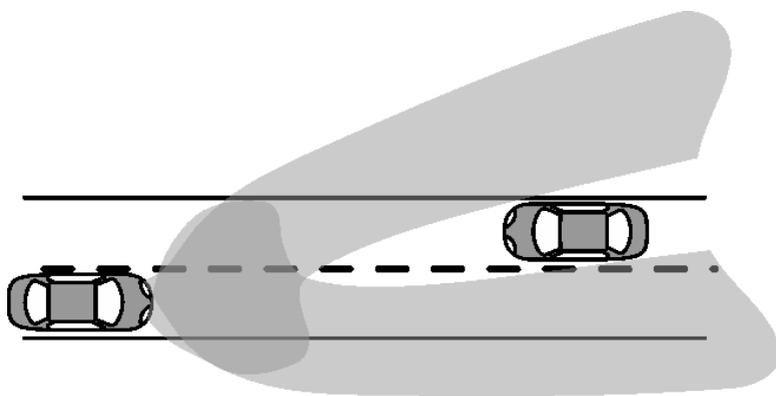


Рисунок 32.8 – Освітлення дороги з активним світлом

Електронна система сама стежить за дорогою і пересуває шторку таким чином, щоб зустрічна машина завжди була у тіні. Система автоматично стежить відразу за декількома автомобілями, тому водій може спокійно їхати по замиській трасі з увімкненим далеким світлом, що підвищує безпеку руху. Час швидкодії системи 350 мс. Робота та взаємодія систем безпеки відбувається за допомогою нової швидкісної шини *FlexRay* (10 Мбіт/с).

Системи освітлення з адаптивним світловим кордоном

Суть такої системи полягає в тому, що за зустрічним (а разом і попутним) потоком стежить відеокамера, встановлена під стелею салону. Друга частина системи розташована у фарі автомобіля. Рухливі відбивачі, якими керує швидкодіючий кроковий двигун, за мілісекунди змінюють ширину та спрямованість світлового потоку. При цьому змінюються кути нахилу та ширина світлового пучка залежно від реальної дорожньої обстановки. Промінь світла фар потрапить лише на асфальт, але не в очі зустрічному водієві і не на дзеркало заднього вигляду автомобіля, який їде в попутному напрямку (рис. 32.9). Відеокамера, виявивши потенційну перешкоду, дає команду про його підсвічування.

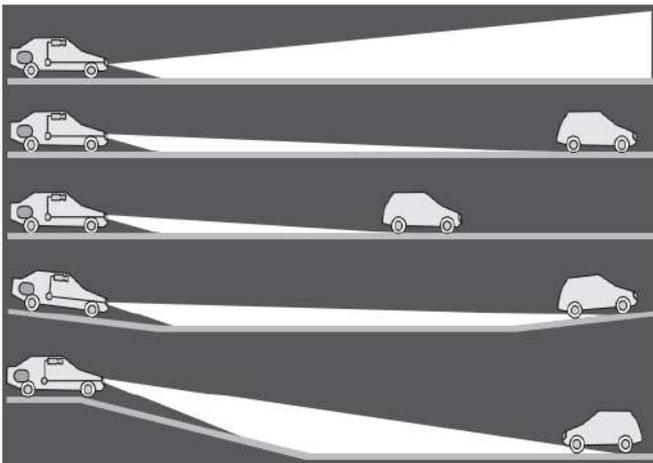


Рисунок 32.9 – Напрямок променя світла фар системи освітлення з адаптивним світловим кордоном

Автоматичне регулювання нахилу фари

Щоб унеможливити засліплення зустрічних водіїв фарами автомобіля, сучасні легкові автомобілі оснащуються фарами з пристроєм автоматичного регулювання нахилу фар (рис. 32.10).

Регулювання нахилу фар визначається автоматично за допомогою двох сенсорів на передній та задній осях автомобіля, встановлених на одному боці, від ступеня навантаження автомобіля. Ця інформація передається в БК, що змінює напругу в серводвигунах. Останні, автоматично повертаючись, залежно від навантаження на автомобіль забезпечують оптимальне освітлення дороги.

Система нічного бачення

Система нічного бачення призначена для надання водієві інформації про умови руху у темну пору доби. Система дозволяє розпізнавати різні перешкоди, учасників дорожнього руху, пішоходів на неосвітленій дорозі, а також подальшу траєкторію траси.

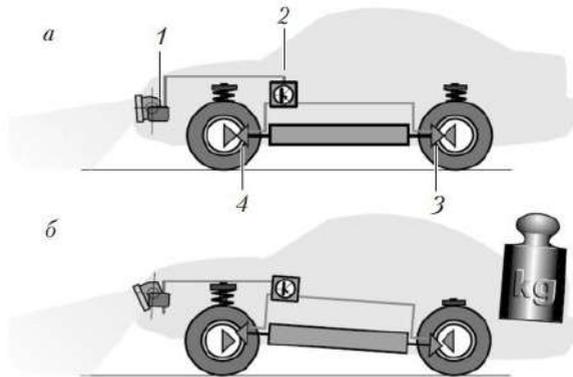


Рисунок 32.10 – Схема системи автоматичного регулювання нахилу фар:

а – автомобіль не навантажений; *б* – автомобіль навантажений;

1 – серводвигун автоматичного нахилу фар; *2* – блок керування автоматичного кута нахилу фар; *3, 4* – сенсори навантаження

Система допомагає зняти навантаження з водія в умовах поганої видимості і тим самим забезпечує підвищення безпеки руху. На сьогодні

система нічного бачення встановлюється як опція на легкові автомобілі преміум-класу. Принцип дії системи ґрунтується на фіксації інфрачервоного (теплого) випромінювання об'єктів спеціальною камерою та його проектуванні на дисплей у вигляді сірого масштабного образу.

Розрізняють два типи систем нічного бачення: пасивні та активні.

Пасивні системи нічного бачення захоплюють теплове випромінювання, що походить від об'єктів, використовуючи теплову камеру (тепловізор). Будь-які об'єкти (живі та неживі) мають певну температуру і випромінюють тепло. Залежно від температури інтенсивність випромінювання буває різна. Завдяки наявності тепловізійних приладів воно перетворюється на видиме нашому оку зображення. Теплова камера фіксує інфрачервоне випромінювання об'єктів на відстані до 300 м. Вони мають високий рівень контрастності та низьку роздільну здатність зображення.

Пасивні системи нічного бачення:

- *Night Vision Assistant* від *Audi*;
- *Night Vision* від *BMW*;
- *Night Vision* від *General Motors*;
- *Intelligent Night Vision System* від *Honda*.

Активні системи нічного бачення (рис. 32.11) використовують додаткове джерело інфрачервоного світла, яке встановлюється на автомобіль. Вони характеризуються високою роздільною здатністю зображення і дальністю охоплення близько 150...250 м.

Відомими активними системами нічного бачення є:

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

Як фільтр застосовується спеціальне скло, що складається з найтонших шарів таких матеріалів, як MgF_2 , Na_3AlF_6 , ZnS , TiO_2 , Ta_2O_5 , Nb_2O_5 . Проходячи через безліч шарів, світлові хвилі різної довжини змінюють фазу і на виході складаються таким чином, що гасять або посилюють інтенсивність.

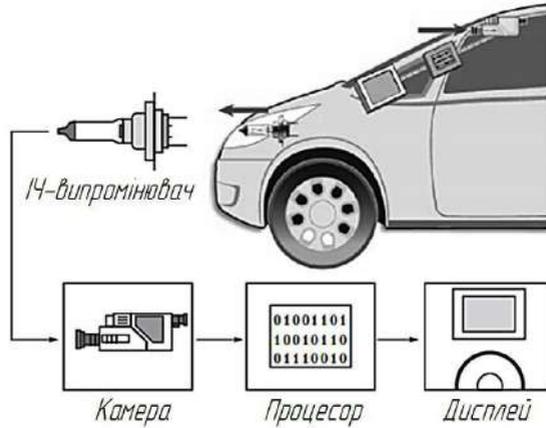


Рисунок 32.11 – Компонування системи освітлення з інфрачервоним випромінювачем

У результаті фільтр пропускає світло з довжини хвилі 780 нм. Фара з таким склом виглядає вимкненою, але лише для ока. Зустрічні водії бачитимуть лише ближнє світло, тоді як ІЧ-випромінювання сприймає «третє око» – відеокамера, встановлена за дзеркалом у салоні. Отримана картинка проходить цифрову обробку, яка збільшує чіткість зображення. Потім виводять її на окремий монітор або безпосередньо на лобове скло.

Система здатна не тільки відображати об'єкти на дисплеї щитка, але і вести селекцію. Наприклад, коли електроніка визначає, що перед машиною людина і вона знаходиться поза траєкторією руху автомобіля, її силует відзначається жовтою рамкою (рис. 32.12). Як тільки система зрозуміє, що людина на шляху автомобіля, її фігура окреслюватиметься червоною рамкою, при цьому пролунає попереджувальний звуковий сигнал.

Інфрачервоний прожектор освітлює дорогу на 300 м. Адаптивне та інфрачервоне освітлення (рис. 32.13) застосовується в автомобілях *Audi A8*, *BMW 5-ї* серії та ін. Фари таких автомобілів, обладнані ксеноновими лампами для покращення освітлення та вимкнення засліплення зустрічних водіїв при різних умовах руху та допомагають водієві краще бачити дорогу.



Рисунок 32.12 – Селекція відображуваних об'єктів



Рисунок 32.13 – Освітлення дороги з адаптивною та інфрачервоною системою:

- 1 – базове світло; 2 – міське світло («ближнє»);
- 3 – протитуманне освітлення; 4 – автомагістральне світло;
- 5 – освітлення кривих на магістралі; 6 – освітлення поворотів

На швидкості автомобіля до 50 км/год при автоматичному режимі вмикається міський режим, при цьому промінь світла освітлює простір перед автомобілем відносно недалеко (поз. 2), висвічуючи великий простір поблизу і в лівий бік. Зі зростанням швидкості збільшується і дальність «ближнього світла». Починаючи зі швидкості 110 км/год, працює «далеке світло». (Купки не випадкові – у новій системі традиційний поділ цих понять втрачає сенс.)

Для визначення початку повороту встановлено чутливий гіроскопічний датчик, при спрацьовуванні якого промінь злегка повертається в бік повороту. Якщо водій на невеликій швидкості (до 70 км/год) увімкнув сигнал повороту або система зафіксувала різкий маневр рульом, то включається бічний промінь, що дозволяє побачити, що робиться ліворуч або праворуч.

Під час руху автомобіля в тумані автоматично вмикається протитуманне освітлення (поз. 3). Для того щоб унеможливити засліплення зустрічних водіїв, передбачено автомагістральне освітлення (поз. 4) з інфрачервоним випромінювачем.

Скануючі системи освітлення

Датчики, що сканують простір перед автомобілем (розпізнавання образів), вже використовуються у серійних автомобілях. Приклад системи розпізнавання образів є новий тип сенсорної системи, що розрізняє об'єкти перед автомобілем (розроблена компанією *Audi*). Нова високочутлива система здатна формувати тривимірне зображення перешкоди перед ТЗ (рис. 32.14).

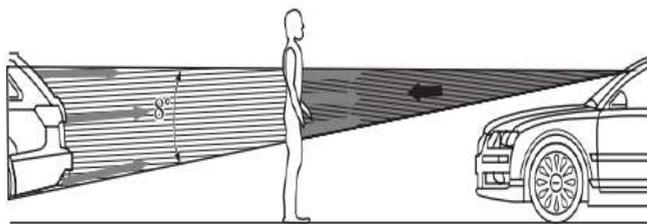


Рисунок 32.14 – Скануюча системи освітлення

В основі технології – джерело модульованого інфрачервоного випромінювання і датчик (він розміщений позаду лобового скла на рівні дзеркала заднього вигляду), зроблений з нових фоточутливих напівпровідникових елементів, відомих як фотонні пристрої, що змішують (*Photonic Mixer Devices, PMD*). Ці пристрої здатні обробляти сигнали, повернені від множини точок предмета одночасно. За будовою схожі на звичайні прилади із зарядним зв'язком (так звані ПЗЗ-матриці), що застосовуються у відео- та фотокамерах. Вони використовують

відмінність у часі, який потрібно променям, щоб повернутися від різних об'єктів сцени до кожного з чутливих елементів матриці *PMD*.

Для обчислення об'ємного зображення система порівнює сигнал від кожного пікселя матриці з опорним модульованим сигналом, що поставляється схемою випромінювача, при цьому стороннє інфрачервоне засвітлення (наприклад, від сонця) відокремлюється від власного сигналу.

Поле зору датчика по горизонталі становить 32°, а по вертикалі – 8°. Частота сканування перешкод – 200 Гц, що дозволяє швидко вловлювати зміну дорожньої обстановки.

Перспективи розвитку системи адаптивного світла

Фахівці компанії *Volkswagen AG* розробляють систему адаптивного освітлення наступного покоління. Її особливість у тому, що адаптивним стане будь-який режим освітлення. Усього таких режимів передбачено чотири.

Перший – освітлення для автомагістралей, найпотужніше, за якого задіяні всі джерела світла блок-фар.

Другий режим – освітлення для заміських шосе, при якому вмикається світло, відповідний нинішньому ближньому.

Третій – освітлення для руху в міських умовах, ближнє світло меншої сили, але з розширеною світловою плямою.

І нарешті, четвертий режим – освітлення в умовах поганої погоди, що відповідає освітленню дороги протитуманними фарами. Нова система адаптивного світла передбачає більше ступеню вільності повороту фар, більш точне керування та додаткові комбінації увімкнення світлових приладів залежно від дорожньої обстановки.

Огляд функцій системи Opel AFL+

На додаток до підсвічування емблеми *Opel* *L*-подібними світлодіодними денними ходовими вогнями, що покращують позначення автомобіля на дорозі, система *AFL+* включає такі функції для забезпечення оптимального освітлення:

– режим «*Пішоходна зона*» активується автоматично на швидкості від 5 до 30 км/год. Ця функція розгортає світлову пляму на 8° у бік кожного узбіччя. Режим дозволяє швидше помічати пішоходів та дітей, які грають поруч із проїжджою частиною. На швидкостях до 50 км/год

режим «Міське світло» забезпечує широкий, симетричний пучок малої дальності, що дозволяє водієві краще бачити пішоходів на краю проїжджої частини. Потужність світлового променя в цьому режимі нижча, ніж у звичайного ближнього світла через наявність у місті додаткових джерел світла;

– режим «*Освітлення півівок*» забезпечує більш яскраву і широку світлову пляму, ніж звичайне ближнє світло. Це допомагає водіям раніше помічати потенційні загрози на узбіччях, наприклад тварин. Режим активується на швидкостях 50–100 км/год та проєктує світловий промінь на 70 м уперед;

– режим «*Магістральне світло*» підсилює та трохи піднімає світловий пучок фари головного світла у разі відсутності ризику засліплення зустрічного водія, при цьому якість дороги унеможлиблює розгойдування автомобіля. Світловий конус довжиною 140 м забезпечує огляд лівої частини дороги, тоді як збільшена з 35 до 38 Вт потужність значно підвищує видимість. Режим «*Магістральне світло*» включається автоматично на швидкості вище 100 км/год за умови, що датчик кута повороту кермового колеса визначає радіус поворотів дороги як непритаманний звичайному замиському шосе;

– режим «*Протитуманне світло*» активується, якщо датчик дощу фіксує певну кількість вологи на лобовому склі або склоочисники працюють в інтенсивному режимі. Подача світла здійснюється асиметрично: потужність світлового променя правої фари збільшується з 35 до 38 Вт, що дозволяє бачити розмітку. Потужність променя лівої фари знижується з 35 до 32 Вт, а світлова пляма злегка коротшає, знижуючи ризик засліплення зустрічного водія, що часто трапляється на блискучій поверхні мокрої дороги;

– режим «*Дальнє світло*» забезпечує максимальну потужність і дальність світлових пучків фар головного світла. У цьому режимі немає асиметричного розподілу світлової плями, навпаки, фари максимально освітлюють дорогу по всій ширині. Потужність світла фар зростає з 35 до 38 Вт.

Помічник дальнього світла підвищує безпеку під час руху вночі.

Пристрій автоматично вмикає дальнє світло, що дозволяє краще бачити дорогу. Камера *Opel Eye* розпізнає передні або задні фари інших

автомобілів та автоматично вмикає ближнє світло, запобігаючи засліпленню інших учасників руху.

Функція динамічного освітлення поворотів оптимізує освітлення вигинів траси за рахунок повороту біксенонових фар на кут до 15° у бік повороту залежно від швидкості автомобіля та кута повороту рульового колеса. У поєднанні із режимом *Sport* адаптивної підвіски *FlexRide* система *AFL+* реагує ще швидше на зміни дорожньої обстановки.

Функція статичного освітлення поворотів активується на швидкості до 40 км/год. або при включеній задній передачі. Система підсвічує зону праворуч або ліворуч від автомобіля під кутом до 90° , покращуючи огляд та допомагаючи маневрувати на прилеглий території в умовах недостатньої видимості.

Інтелектуальна система керування інтенсивністю світла (*ILR*) за допомогою передньої камери дозволяє регулювати довжину променя ближнього світла до 350 м, щоб уникнути засліплення.

Контрольні запитання

1. Як розвивалася еволюція автомобільної фари?
2. Адаптивні системи освітлення та її перспективи розвитку.
3. Принцип роботи *AFS*.
4. З чого складається адаптивна фара?
5. Для чого потрібна та як працює система вимкнення дальнього світла і корекції світла фар?
6. Принцип дії системи освітлення з адаптивним світловим кордоном?
7. Поясніть призначення автоматичного регулювання нахилу фари.
8. За яким принципом працює система нічного бачення?
9. Скануючі системи освітлення.

Лабораторна робота 33

РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити конструкції, принцип дії, обслуговування робочого обладнання автомобілів.

Наочні посібники:

- альбоми, інструкції і плакати за робочим обладнанням;
- електронний інформаційний матеріал за конструкціями робочого обладнання.

Завдання до роботи:

- вивчити конструкцію та принцип роботи робочого обладнання автомобілів;
- ознайомитись з технічним обслуговуванням механізмів.

Загальні відомості

До робочого обладнання належать зчіпні пристрої, лебідка, самоскидний пристрій, кузови для вантажу, механізми відбору потужності.

Лебідка призначена для подолання автомобілем важкопрохідних ділянок шляху, самовитягування і витягування транспортних засобів, що застрягли (ТЗ), а також підтягування вантажів.

Лебідки складаються з таких основних механізмів:

- тяговий барабан, на який намотується трос;
- знижувальний редуктор;
- запобіжний пристрій;
- гальмівний пристрій.

У деяких лебідках при великих тягових зусиллях на тросі з метою зменшення її розмірів габаритних замість тягового барабана застосовують тягові ролики.

Тягові барабани мають у своєму розпорядженні найчастіше горизонтально і поперек поздовжньої осі ТЗ, рідше – вертикально. На барабані розміщується запас троса довжиною 50...100 м. Трос укладають на барабан вручну або тросоукладачем. Вертикально розташовані барабани мають меншу довжину, але більший діаметр у порівнянні з горизонтально розташованими барабанами. Збільшений діаметр барабана

сприяє більшому терміну служби троса, тому що в цьому випадку він схильний до менших деформацій при намотуванні та змотуванні, а зменшена довжина оберігає трос від сплутування. Це дозволяє не застосовувати тросоукладальників.

Як понижувальний редуктор використовують переважно черв'ячний редуктор з великим передаточним числом, що забезпечує при його невеликих розмірах високі значення тягових зусиль на тросі.

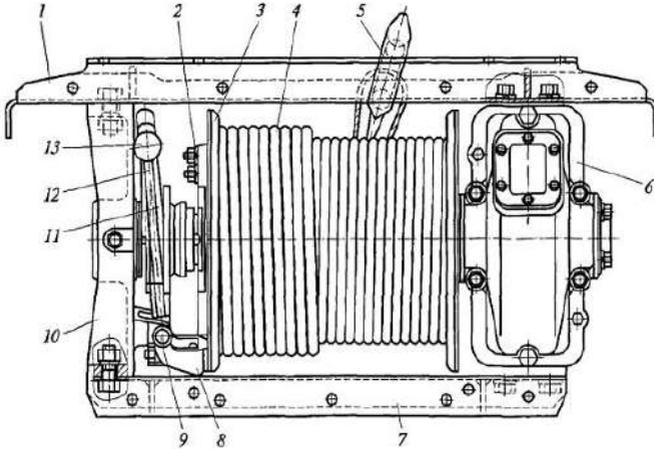


Рисунок 33.1 – Лебідка з горизонтальним барабаном:

- 1 – передня поперечка; 2 – скоба кріплення троса; 3 – барабан; 4 – трос;
- 5 – гак; 6 – редуктор; 7 – задня поперечка; 8 – гальмівна колодка барабана;
- 9 – вісь важеля увимкнення; 10 – траверса вала барабана;
- 11 – муфта увимкнення барабана; 12 – важіль увимкнення муфти;
- 13 – рукоятка важеля

Запобіжний пристрій призначений для обмеження максимального тягового зусилля лебідок, що зазвичай становить 0,5–0,8 повної ваги машини. Роль такого пристрою виконує запобіжний штифт або запобіжна муфта. При виникненні на тросі лебідки зусилля, що перевищує допустиме, штифт зрізається (або вимикається муфта), і лебідка перестає діяти.

Автоматичний гальмівний пристрій призначений для унеможливлення змотування троса з барабана під навантаженням при

вимкненому приводі лебідки. На колісних ТЗ для цієї мети використовуються стрічкові гальмівні механізми, на гусеничних – як стрічкові, так і гвинтові гальмівні механізми дискового типу.

Привід лебідок здійснюється карданними валами від коробок відбору потужності транспортного засобу. Зазвичай лебідки мають дві швидкості руху троса: високу при змотуванні троса з барабана і низьку при намотуванні. Це досягається за рахунок різних значень передавальних чисел у приводі лебідки.

На колісних ТЗ найчастіше застосовують лебідки з горизонтальними барабанами, які встановлюють у передній, задній та середній частинах несучих систем машин.

Електричні лебідки (рис. 33.2) для автомобілів використовуються в основному для пересування в горизонтальній або похилій площинах. Вони часто мають попит у власників позашляховиків. Це тим, що у важкопрохідних місцях цей виріб виступає у ролі єдиного можливого рятувального пристрою. Механізм автолебідки включає: електричний двигун, корпус, силовий редуктор, а також сталевий канат, намотаний на барабан. Вантажний канат обов'язково входить до її комплекту.

Цей агрегат живиться, як правило, від напруги 24 В або 12 В. При його використанні не потрібна фізична сила, що є основною перевагою пристрою. Ціна автомобільної лебідки залежить в основному від її вантажопідйомності, довжини каната та комплектації. Перед вибором виробу потрібно точно знати максимальну вагу вантажу, що переміщується.



Рисунок 33.2 – Електрична автомобільна лебідка

Тягово-зчіпний пристрій

Тягово-зчіпний пристрій автомобіля типу «гак-петля» (рис. 33.3) складається з гака 16, хвостовик якого проходить через отвір у задній поперечині рами. Стрижень буксирного гака вставлений у масивний циліндричний корпус 2, з одного боку закритий захисним ковпаком 1, а з іншого – кришкою 20 корпуса. Гумовий пружний буфер 5 розташований між фланцями 21 і 22, за допомогою яких створюється необхідний попередній натяг гумового буфера, пом'якшуючи при зрушенні автомобіля з причепом з місця, а також під час руху нерівною дорогою. На пальці 18 встановлена скоба гака 15, застопорена собачкою 10, завдяки чому виключається можливість виходу дишла причепа із зачеплення з гаком.

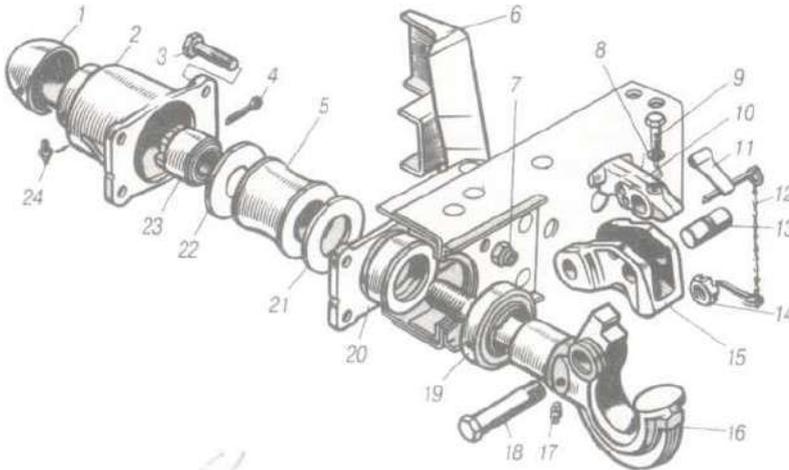


Рисунок 33.3 – Тягово-зчіпний пристрій автомобіля:

- 1 – ковпак гайки гака; 2 – корпус; 3 – болт; 4 – шплінт; 5 – буфер;
- 6 – підсилювач задньої поперечки; 7 – гайка; 8 – пружинна шайба;
- 9 – болт кріплення собачки; 10 – собачка засувки; 11 – пружина;
- 12 – ланцюг шплінту засувки; 13 – вісь собачки; 14 – гайка кріплення засувки; 15 – клямка; 16 – гак; 17 – маслянка; 18 – палець засувки; 19 – грязевідбійник гака; 20 – кришка корпуса;
- 21 – фланець задній; 22 – фланець передній; 23 – гайка гака;
- 24 – маслянка

Тягово-зчіпний пристрій автомобіля КамАЗ-53212 (рис. 33.4) – автоматичний, типу «шворінь-петля», що забезпечує беззорове зчеплення тягача з причепом. Воно складається з У-подібного уловлювача 1, на якому закріплений виконавчий механізм із запобіжником самороз’єднання 9 і контргайкою 8.

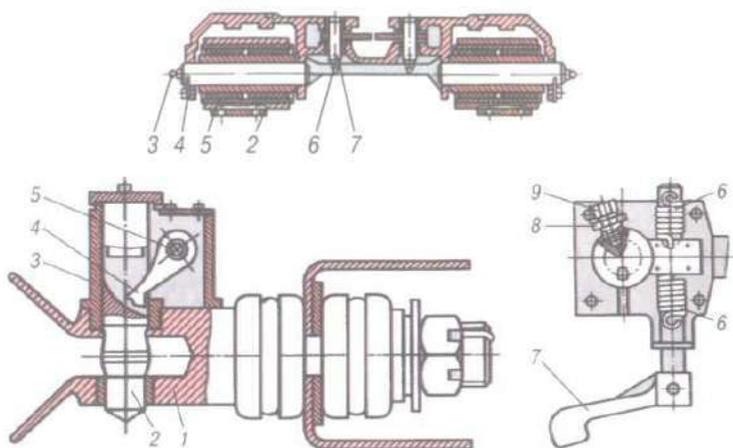


Рисунок 33.4 – Тягово-зчіпний пристрій автомобіля КамАЗ-53212:

1 – уловлювач; 2 – шворінь; 3 – корпус; 4 – важіль; 5 – вісь;
6 – пружини; 7 – ручка; 8 – контргайка; 9 – запобіжник самороз’єднання

Виконавчий механізм складається з корпуса 3, в напрямній порожнині якого переміщується шворінь 2. Шворінь у крайньому верхньому положенні фіксується важелем 4, закріпленим на осі 5, на якій знаходяться дві пружини циліндричні 6 і ручка 7.

Пристрій закріплено на задній поперечці рами автомобіля за допомогою переднього та заднього упорних фланців та корончастої гайки. Між передніми та задніми фланцями розташовані гумові буфери, які забезпечують необхідні кути гнучкості автопоїзда, а також двосторонню амортизацію у разі виникнення динамічних навантажень.

Седельно-зчіпний пристрій

Седельно-зчіпний пристрій (рис. 33.5) призначений для шарнірного з’єднання тягача з напівпричепом, що забезпечує передачу тягового

зусилля від тягача до напівпричепа та передачі маси напівпричепа на раму тягача. Він є також поворотним пристроєм, що забезпечує взаємний поворот сідельного тягача та напівпричепа.

Сідельно-зчіпний пристрій прикріплено до рами автомобіля болтами. На основі закріплені два кронштейни 2 з шарнірами 5. Сідло з'єднується з кронштейнами за допомогою двох осей 14, які стопоряться від прокручування та осьового переміщення стопорними пластинами з болтами. Осі сідла вільно обертаються у втулках шарнірів, чим забезпечується поздовжній нахил сідла. Шарніри дозволяють значно знизити динамічні навантаження, що передаються напівприцепом на раму тягача, а також забезпечують поперечний нахил сідла до 3°.

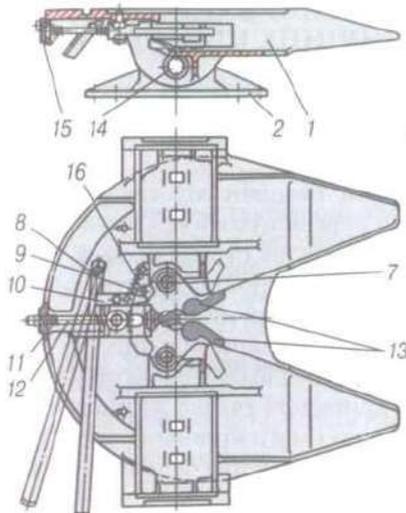


Рисунок 33.5 – Сідельно-зчіпний пристрій:

- 1 – сідло; 2 – кронштейн; 3 – маслянки; 4 – стопорна пластина;
- 5 – шарнір; 6 – вісь захоплення; 7 – рукоятка замка захоплення;
- 8 – пружини; 9 – скоба; 10 – замковий кулак; 11 – захоплення; 12 – вісь;
- 13 – запобіжна планка; 14 – штифт

Зчіпний механізм, розміщений під опорною плитою сідла, складається з двох захоплень 13, встановлених на осях 7, замкового

кулака 12 зі штоком і пружиною 11, клямки 10 з пружиною 9 рукоятки 8 керування розчепленням і запобіжної планки 15. Замковий кулак може займати:

- задні (замковий кулак знаходиться в пазу, утвореному захопленнями) захоплення замкнуті кулаком;

- вихідне положення для зчеплення з напівприцепом (замковий кулак упирається в торці загарбників) - захоплення відкриті;

- передне (замковий кулак зафіксований засувкою 10 – захоплення закриті, але не замкнені кулаком). Шток замкового кулака утримується від випадкового переміщення в передне положення запобіжною планкою.

Для розчеплення тягача з напівприцепом необхідно повернути запобіжну планку 15 і за допомогою рукоятки 8 відвести в передне положення кулак 12, де він фіксується клямкою 10. Таким чином, захоплення не замкнені кулаком і при русі тягача шворінь напівпричепа виходить із зіву захватів 13. При цьому захвати повертаються, а штифт 16, закріплений на захват, тисне на клямку 10, яка звільняє кулак замковий. Кулак під впливом пружини 11 переміщується назад і упирається в торці захватів, займаючи вихідне положення для подальшого зчеплення напівприцепом.

При зчіпці тягача з напівприцепом шворінь упирається у відкритий зів захватів і повертає їх. При цьому утворюється паз між передніми кінцями захватів, який під зусиллям пружини входить у замковий кулак, забезпечує надійне їх закривання, а запобіжна планка, автоматично повертаючись, запирає шток кулака.

Технічне обслуговування седельно-зчіпних пристроїв

Під час щоденного технічного обслуговування перевіряють зовнішнім оглядом стан тягово-зчіпного пристрою. Особливу увагу звертають на наявність шплінта заскочки.

Періодично перевіряється вільний осьовий хід гака тягово-зчіпного пристрою, який не повинен перевищувати 0,5 мм, а також змащується за допомогою двох прес-маслянок стрижень гака.

При технічному обслуговуванні тягово-зчіпного пристрою типу «гак петля» перевіряють вільний хід гака, який не повинен перевищувати 0,5 мм. Оскільки фланці кріплення тягово-зчіпного пристрою розміщені в корпусі між стінкою та його кришкою, то при закручуванні гайки зменшується сумарна товщина фланців із пружним елементом усередині його корпусу. Якщо гайку відкручувати, вільний хід гака збільшиться за рахунок переміщення його всередині пружного елемента. У цьому випадку необхідно встановити додаткові кільцеві прокладки між фланцями та пружним елементом.

При технічному обслуговуванні седельно-зчіпного пристрою перевіряють стан пружин замкового кулака та заскочки. Періодично покривають тонким шаром солідолу поверхню опорної плити, а пальці та шарніри седельно-зчіпного пристрою змащують за допомогою прес-маслянки до видавлювання свіжого мастила в зазорах.

Тягово-зчіпний пристрій також періодично змащують згідно з технологічною картою.

Перевірка та технічне обслуговування зчіпних пристроїв полягає у перевірці стану кріплення пристрою до рами автомобіля, перевірці можливості нахилу сидла пристрою в поздовжньому напрямку на кут 15° та на кут 3° у поперечному. Для забезпечення надійного зчеплення та розчеплення з причепом рухомі елементи пристрою повинні бути захищені пластичним мастилом, стійким до атмосферних впливів.

Підйомний механізм

Підйомний механізм (рис. 33.6) автомобіля служить для підняття кузова і вивантаження матеріалу, що перевозиться. Найбільш поширені механізми із гідравлічним приводом.

Оскільки гідросистема підйомного механізму схожа на гідропривід гальмівної системи, то й несправності гідросистеми ті самі, ті ж і операції технічного обслуговування та ремонту: перевірка герметичності, стан шлангів, гідроциліндра, золотника. Видалення повітря із гідросистеми.

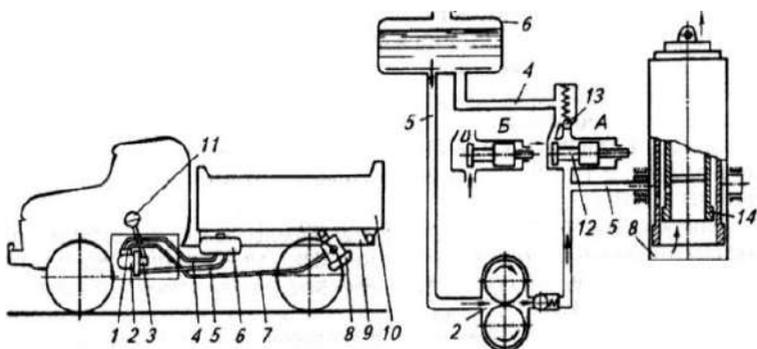


Рисунок 33.6 – Гідросистема підйомного механізму самоскида:

a – компонування; *б* – схема; 1 – розподільник; 2 – гідронасос; 3 – привід насоса; 4 – зливальний трубопровід; 5 – забірний трубопровід; 6 – бак; 7 – нагнітальний трубопровід; 8 – гідроциліндр; 9 – надрамник; 10 – кузов; 11 – важіль керування; 12 – золотник; 13 – клапан; 14 – плунжер

Контрольні запитання

1. Обґрунтувати необхідність застосування причіпного пристрою.
2. Особливості гідросистеми підйомного механізму.
3. З яких елементів складається гідрофікований гачок?
4. Матеріали основних деталей редуктора лебідки.
5. Якими пристроями може з'єднуватися автомобіль-тягач та причіп чи напівпричіп?
6. Яку будову має тягово-зчіпний пристрій типу «гак – петля»? Як забезпечується його замикання?
7. Яким чином забезпечується беззорне зчеплення тягача з причепом під час використання автоматичного тягово-зчіпного пристрою типу «шворинь - петля»?
8. Для чого призначений седельно-зчіпний пристрій? Яку будову він має та як працює?
9. Які операції проводяться при технічному обслуговуванні тягово-та седельно-зчіпного пристрою?
10. Які операції проводяться при технічному обслуговуванні підйомного механізму?

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Автомобіль. Особливості конструкції / В. М. Склярів, В. П. Волков, М. В. Склярів, І. Д. Руденко, М. Є. Сергієнко. – Харків, 2013. – 927 с.
2. Сергієнко М. Є. Конструкції автомобілів та тракторів та їх аналіз: лабораторний практикум/ М. Є. Сергієнко, В. М. Краснокутський та ін. – Харків: Вид-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2016. – 312 с.
3. Сахно В. П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч. 1. Динамічність та паливна економічність автотранспортних засобів : [навчальний посібник] / В. П. Сахно, А. П. Костенко, М.І. Загороднов та ін. – Вид-во «Ноулідж», 2014. – 444 с.
4. Волков В. П. Лабораторний практикум з технічної експлуатації автомобілів / В. П. Волков Кривошапов С. І., Сергієнко М. Є. та ін.; під ред. В. П. Волкова. – Харків: ХНАДУ, 2012. – 516 с.
5. Підручник водія / О. Я. Фоменко, В. П. Сахно, Г. О. Ковальчук та ін.; за загальною редакцією О. Я. Фоменка. – Київ : Літера ЛТД, 2013. – 240 с.
6. Автомобілі. Всеколісне керування: монографія / В. П. Сахно, О. В. Григорашенко, А. В. Вакуліч та ін. – Київ: НТУ, 2013. – 180 с.
7. Сахно В. П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч. 2. Плавність ходу та прохідність автотранспортних засобів : [навчальний посібник] / В. П. Сахно, В. М. Поляков, А. В. Костенко та ін. – Вид-во «Ноулідж», 2014. – 354 с.
8. Сахно В. П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 ч. Ч 3. Маневреність. Керованість. Стійкість : [навчальний посібник] / В. П. Сахно, В. М. Поляков, А. В. Костенко та ін. – ЛАНДОН-ХХІ, 2015. – 400 с.
9. Автомобілі. Теорія: навчальний посібник / В. П. Сахно, В. І. Сирота, В. М. Поляков [та ін.] – Одеса : Військова академія, 2017. – 414 с.
10. Шарнірно-зчленовані автобуси. Маневреність та стійкість: монографія / В. П. Сахно, В. М. Поляков, С. М. Шарай, І. С. Мурований, О. Є. Омельницькій. – Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2021. – 288 с.

11. Панченко А. І. Будова автомобіля: навчальний посібник / А. І. Панченко, А. А. Волошина, О. В. Болтянський, І. І. Мілаєва, І. А. Панченко, А. А. Волошин. – Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2021. – 247 с.
12. Будова автомобіля і трактора. Частина 1: Посібник до лабораторних робіт: для студентів технологічного факультету / Уклад: Люлька В. С., Перинський Ю. Є., Коньок М. М., Бивалькевич Л. М. – Чернігів: ЧНПУ, 2014. – 124 с.
13. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів: навчальний посібник / В. І. Сирота – Київ: Арістей, 2005. – 280 с.
14. Будова автомобіля: електронний підручник для ПТНЗ [Електронний ресурс] / В. О. Радкевич, В. В. Юрженко, А. Г. Кононенко. – Київ: Інститут професійно-технічної освіти, 2016.
15. Кисликов В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів: підручник / [Текст] В. Ф. Кисликов, В. В. Лущик. – Київ: Либідь, 1999. – 400 с.
16. Сирота В. І. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: навчальний посібник. – 2-ге видання, виправлене та доповнене. [Текст] / В. І. Сирота, В. П. Сахно. – Київ: Арістей, 2008. – 288 с.
17. Автотранспортні засоби категорій “В” і “С”: навч. посібник / Я. Ю. Білоконь, С. О. Войцехівський, А. І. Ооча та ін.; за ред. Я. Ю. Білоконя. – Київ: Арістей, 2009. – 352 с.
18. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління : підручник / О. А. Лудченко. – Київ: Знання-Прес, 2004. – 478 с.
19. Automobiles: навч. посібник з англійської мови / Н. І. Марченко, Н. О. Курносова, О. В. Забашта та ін. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 256 с.
20. Онлайн-підручник з будови автомобіля. Режим доступу: <https://xn--h1afceeb4a.xn--j1amh/structure-avto/>
21. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / Уклад. В. Я. Чабанний. – Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.
22. Аналіз конструкцій та розрахунок автомобілів: конспект лекцій для студентів спеціальності 7.090258 «Автомобілі та автомобільне господарство» денної та заочної форм навчання [Текст] / уклад М. О. Ганзюк. – Луцьк: ЛНТУ, 2011. – 196 с.

23. Бейлинов М. И. Краткий справочник по сталям и сплав / М. И. Бейлинов, Л. И. Пронский. – Київ: Высш. шк., 1971.
24. Подригало М. А. Новое в теории эксплуатационных свойств автомобилей и тракторов: монография / М. А. Подригало. – Харків: АВВ МВД Украины, 2013. – 221 с.
25. Основи будови та експлуатації автопоїздів: підручник / О. П. Строков, М. Г. Макаренко, В. Ф. Орлов, В. П. Павленко. – Київ: Грамота, 2005. – 351 с.
26. Гурский А. С. Анализ тяговых электродвигунов электромобилів = Analysis of traction electric motors of electric vehicles / А. С. Гурский, Е. Л. Савич // Винахідник. – 2022. – № 1–2. – С. 4–14.
27. Achim Kampker. Prof. Dr.–Ing. Elektromobilproduktion. Springer–Verlag Berlin Heidelberg, 2014. – 289 s.
28. Аналіз конструктивних особливостей об'ємних гідроприводів для підйому кабіни автомобіля / Г. А. Аврунін, В. А. Богомолів, В. І. Клименко та ін. // Промислова гідравліка і пневматика. – 2012. – № 1(35). – С. 86–97.
29. Гідро- та пневмосистеми в автотракторобудуванні: навчальний посібник / Г. А. Аврунін, І. Г. Кириченко, А. І. Бондаренко, Є. С. Пелипенко та ін.: за ред. Г.А. Авруніна. – НТУ «ХП», Харків: ФОП Панов А. М., 2020. – 524 с.
30. Системи нахилу кабіни фірми «POWER-PACKER». – Motion Control. – 2008. – 58 с.
31. POWER-PACKER TRUCK. CAB TILT. AN Actuant COMPANY [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www/actuant.com](http://www.actuant.com). – 2011. – 4 р.
32. Andrzej Golenko Fundamentals of Machine Design. A Coursebook for Polish and Foreign Students. Wroclaw University of Technology, 2010. – 175 p.
33. Springer Handbooks of Mechanical Engineering, 2008. – 1520 p.
38. Програма самонавчання 222 Система охолодження двигуна з електронним регулюванням. Будова та принцип дії. Режим доступу: <http://volkswagen.msk.ua>
39. Вводний курс по зчепленням LuK. Введення у технологію зчеплення для легкових автомобілів. Видаєник: Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 2012. – 52 с.

40. SERVICE TRAINING. Програма самонавчання 390. 7-ступенева коробка передач зі здвоєним зчепленням OAM. Конструкція та принцип дії. – 101 с. Режим доступу: <http://volkswagen.msk.ua>

41. Morey B. EcoBoost, DCTs, and stop-start for the masses / B. Morey // Automotive Engineering International, June 7, 2010. 28-29 с.

42. Автоматична коробка передач DSG 02E. Посібник по програмі самонавчання 308. VOLKSWAGEN AG, Вольфсбург, VK_36 Service Training. – 63 с.

43. Програма самонавчання 417. Passat CC 2009. VOLKSWAGEN AG, Вольфсбург, VK_36 Service Training. – 67 с.

44. Голобородько О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту / О. О. Голобородько, В. В. Редчиц, О. М. Коробочка. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 300 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
ВСТУП.....	4
Лабораторна робота 1.....	8
ЗАГАЛЬНА КОМПОНОВКА АВТОМОБІЛІВ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ ДАНІ	
Лабораторна робота 2.....	20
ДВИГУНИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛІВ	
Лабораторна робота 3.....	30
ЕЛЕКТРОДВИГУНИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ І ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ	
Лабораторна робота 4.....	46
КРИВОШИПНО-ШАТУННИЙ МЕХАНІЗМ ДВЗ	
Лабораторна робота 5.....	81
МЕХАНІЗМИ І ПРИСТРОЇ ЗМІНИ ФАЗ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ДВЗ	
Лабораторна робота 6.....	98
СИСТЕМИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ	
Лабораторна робота 7.....	125
СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗМАЩЕННЯ ДВЗ	
Лабораторна робота 8.....	153
СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВЗ	
Лабораторна робота 9.....	167
СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ	
Лабораторна робота 10.....	181
СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ДВЗ	
Лабораторна робота 11.....	208
КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ЗАПУСКУ ДВЗ. КОНСТРУКЦІЯ, ПРИНЦИП ДІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ЕЛЕКТРОСТАРТЕРА	
Лабораторна робота 12.....	224
ЗЧЕПЛЕННЯ	
Лабораторна робота 13.....	234
КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ АВТОМОБІЛІВ. РОЗДАВАЛЬНІ КОРОБКИ	
Лабораторна робота 14.....	254

КОРОБКА ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ	
Лабораторна робота 15.....	269
АВТОМАТИЧНІ ЗЧЕПЛЕННЯ	
Лабораторна робота 16.....	292
КОРОБКА ПЕРЕДАЧ <i>DSG</i>	
Лабораторна робота 17.....	310
ГІДРОДИНАМІЧНІ ПЕРЕДАЧІ І	
ПЕРЕТВОРЮВАЧІ АВТОМОБІЛІВ	
Лабораторна робота 18.....	324
РІЗНОВИДИ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ	
Лабораторна робота 19.....	360
КЛАСИФІКАЦІЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ (АКП)	
Лабораторна робота 20.....	370
КАРДАННІ ПЕРЕДАЧІ	
Лабораторна робота 21.....	382
ВЕДУЧІ МОСТИ АВТОМОБІЛІВ.	
МІЖОСЬОВИЙ ДИФЕРЕНЦІАЛ	
Лабораторна робота 22.....	413
КЕРОВАНІ МОСТИ	
Лабораторна робота 23.....	429
КОЛЕСА І ШИНИ АВТОМОБІЛЯ	
Лабораторна робота 24.....	462
ХОДОВА СИСТЕМА АВТОМОБІЛІВ	
Лабораторна робота 25.....	502
ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ	
Лабораторна робота 26.....	511
РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ	
Лабораторна робота 27.....	525
СУЧАСНІ СИСТЕМИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ	
Лабораторна робота 28.....	552
ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА АВТОМОБІЛІВ	
Лабораторна робота 29.....	570
СУЧАСНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ	
НА РЕЖИМАХ РОЗГОНУ ТА ГАЛЬМУВАННЯ	

Лабораторна робота 30.....	582
АНТИБЛОКУВАЛЬНІ СИСТЕМИ (ABS) ГАЛЬМ АВТОМОБІЛЯ	
Лабораторна робота 31.....	593
СИСТЕМА НАХИЛУ КАБІНИ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ	
Лабораторна робота 32.....	607
СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ	
Лабораторна робота 33.....	626
РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ	
Список джерел інформації.....	635
Зміст.....	639

Навчальне видання

СЕРГІЄНКО Микола Єгорович
СЕРГІЄНКО Антон Миколайович
КРАСНОКУТСЬКИЙ Володимир Миколайович
ПЕЛИПЕНКО Євген Сергійович

КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЕЙ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Лабораторний практикум
для студентів спеціальностей J8 «Автомобільний транспорт»
і G11 «Машинобудування»

Відповідальний за випуск проф. Ребров О. Ю.
Роботу до видання рекомендував проф. Волонцевич Д. О.

В авторській редакції

План 2023 р., поз. 1

Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 20,0

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2.

Електронне видання