

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Машини з двигунами внутрішнього згорання»
для студентів всіх форм навчання.

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
за освітньою програмою «Двигуни внутрішнього згорання».

Частина II

2019

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Машини з двигунами внутрішнього згорання» для студентів всіх форм навчання. Спеціальність 133 Галузеве машинобудування за освітньою програмою «Двигуни внутрішнього згорання». Частина II /Укл. : В. І. Кубіч Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. 70 с.

Методичні вказівки розроблені відповідно до навчальної програми дисципліни «Машини з двигунами внутрішнього згорання» для студентів транспортного факультету НУ «Запорізька політехніка спеціальності 133 Галузеве машинобудування за освітньою програмою «Двигуни внутрішнього згорання» всіх форм навчання, затвердженої на засіданні кафедри «Двигуни внутрішнього згорання» і передбачає освоєнню студентами.

Укладач: В. І. Кубіч, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Г. І. Слинько, д-р. техн. наук, професор

Відповідальний за випуск: В. І. Кубіч, канд. техн. наук, доцент

Затверджено
на засіданні кафедри
"Двигуни внутрішнього згорання"
Протокол № 1 від 20.08.2019 р.

Рекомендовано до видання НМК
Транспортного факультету
Протокол № 80 від 5 вересня 2019 р

ЗМІСТ

1 Міри безпеки під час проведення лабораторних робіт.....	4
1.1 Загальні положення.....	4
1.2 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	4
1.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	4
1.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	5
1.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	5
2 Загальні методично-організаційні вказівки щодо проведення робіт та контролю знань.....	6
3 Лабораторна робота № 5. Механізми й агрегати трансмісії автомобілів і тракторів. Карданні та головні передачі. Диференціали.....	8
3.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань.....	10
3.1.1 Карданні передач.....	10
3.1.2 Головні передачі.....	14
3.1.3 Диференціали.....	19
3.2 Завдання.....	22
3.3 Домашнє завдання.....	23
4 Лабораторна робота № 6. Ходова частина автомобілів.....	24
4.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань.....	26
4.2 Завдання.....	38
4.3 Домашнє завдання.....	38
5 Лабораторна робота № 7. Рульове керування автомобілів і тракторів. Механізми й підсилювачі.....	40
5.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань.....	41
5.2 Завдання.....	58
5.3 Домашнє завдання.....	59
6 Лабораторна робота № 8. Гальмівна система автомобіля. Механізми, підсилювачі, приводи.....	60
6.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань.....	61
6.2 Домашнє завдання.....	70
Література.....	70

1 МІРИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1.1 Загальні положення

До роботи на випробувальних машинах, лабораторних установках і обладнанні допускаються:

- студенти, які вивчили правила небезпечної роботи на обладнанні;

- які пройшли відповідний інструктаж з обов'язковим особистим підписом в журналі “Інструктаж студентів з питань охорони праці” під керівництвом співробітника кафедри.

Допуск студентів до роботи здійснюється керівником занять після того, як він з'ясував рівень знань студентів з методики проведення лабораторних та інших робіт.

1.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Підготовка робочих місць в лабораторії повинна здійснюватись заздалегідь, з урахуванням вимог санітарно-медичних норм і виключенням небезпечних для здоров'я робіт.

На робочих місцях для виконання робіт повинні знаходитись тільки необхідні та працездатні інструменти і пристосування. Використання іншого обладнання категорично заборонено.

У приміщенні лабораторії не повинно бути неврахованого зайвого обладнання, що є джерелом небезпеки. Проходи в лабораторії повинні бути вільними та забезпечені гумовим або іншим покриттям.

1.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

Не порушувати самим і зупиняти порушників правил безпеки при роботах.

Не чіпати, не вмикати та не вимикати без дозволу керівника робіт рубильники, перемикачі, кнопки та інше.

Негайно доповідати керівнику робіт (викладачеві, зав. лабораторії, старшому лаборанту) про помічені несправності, пошкодження обладнання та про відсутність запобіжних елементів на ньому.

Не ходити без потреби по лабораторії, не відволікати без крайньої необхідності зайнятий роботою персонал, не залишати без уваги свою роботу, не залишатись одному в лабораторії при випробуваннях.

При роботі на обладнанні суворо додержуватись заходів безпеки, що наведені в інструкціях по його експлуатації.

При виконанні робіт необхідно дбайливо відноситись до обладнання, слідкувати за правилами освітлення робочого місця.

В разі виникнення нещасного випадку необхідно швидко надати постраждалому першу допомогу і сповістити про це керівника робіт.

1.4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Перед закінченням роботи необхідно провести послідовно-підготовчі операції по зупинці та вимкненню обладнання і електричної мережі.

Прибрати з робочого місця використані в процесі роботи та непридатні матеріали, зразки, пристосування, масне ганчір'я і таке інше у спецконтейнери з метою уникнення дрібних травм та самозавантаження відходів.

Привести у вихідний стан машини, лабораторні установки і обладнання, а перед вимкненням впевнитись в їх справності. Провітрити приміщення природним засобом або за допомогою вентиляції.

Невикористані речовини повинні бути прибрані з робочого місця у спеціальне сховище.

1.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Аварійні випадки в лабораторії:

- пролив пального на підлогу;
- розрив гідрошлангів, великий вилив мастила;
- відчуття електричного струму при дотику до частин обладнання;
- несправності посудин високого тиску.

В аварійних ситуаціях необхідно негайно припинити роботу і почати усунення причини їх виникнення передбаченими засобами, надавши першу медичну допомогу потерпілим.

Усі необхідні вимкнення, перемикання та інші роботи по зупинці машин і устаткування вести у суворій відповідності з інструкціями по експлуатації. Наслідки аварійних ситуацій повинні усуватись силами допоміжного персоналу, а в окремих, тяжких випадках, спеціалізованими бригадами.

Вимоги пожежної безпеки під час пожежі

В лабораторії повинні бути первинні та працездатні засоби вогнегасіння, а також автоматичні системи повідомлення про пожежу. Первинні засоби вогнегасіння повинні бути відкриті та легко доступні для використання.

2 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ ТА КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Лабораторні роботи з дисципліни «Машини з ДВЗ» базуються на твердому знанні лекційного матеріалу і попередній самопідготовці студентів по літературних джерелах, що рекомендуються.

Безпосереднє керівництво при проведенні занять здійснює викладач або лаборант, якій може залучатися до проведення занять. На першому занятті студенти проходять інструктаж з техніки безпеки і розписуються в спеціальному журналі.

Кожну лабораторну роботу студенти виконують самостійно. На протязі всього часу занять студент обпитується по матеріалу попередньої лабораторної роботи, при цьому здійснюється перевірка якості самостійного виконання домашнього завдання. Перелік питань, що вивчаються самостійно, помічений в розділі «Домашнє завдання» до кожної лабораторної роботи.

До кожної наступної лабораторної роботи студент готується самостійно. При цьому він попередньо (на кануні, або раніше) ознайомлюється зі змістом питань, які розглядаються, наведеним навчальним матеріалом, робить записи у відповідних зошитах про назву, цілі та навчальні питання. Студент сам визначає контрольні питання (із числа наведених в роботі), на які буде викладати відповіді письмово згідно з завданням. Завдання приведені наприкінці кожної роботи.

Виконання «Домашнього завдання» згідно варіанту для студента є обов'язковим та виконується в робочих зошитах після відпрацювання навчальних питань поточної лабораторної роботи.

В матеріалах до кожної роботи приведені приклади оформлення принципів схем агрегатів, механізмів і систем, аналогічно з якими студенти креслять схеми згідно варіанту завдання. Наприкінці кожної лабораторної роботи є контрольні питання по темі занять, на які студенти відповідають під час опиту.

Лабораторна робота вважається виконаною, якщо студент виконав домашнє завдання, розуміє про сутність питань, що їм розглядаються, та дає відповіді на контрольні запитання. Питання керівником роботи можуть ставитися також й в межах питань, які виносяться на заняття. Наприклад, пояснити ту чи іншу схему, рисунок та ін.

Для підготовки і при проведенні занять студенти використовують: методичні вказівки; альбоми конструкцій; плакати, схеми агрегатів, механізмів і систем; стенди, розрізні агрегати і механізми, деталі та макети; технічні засоби навчання (комп'ютерний клас, ноутбуки), за допомогою яких здійснюється перегляд відео роликів за тематикою питань, що вивчаються; навчальну літературу з курсу.

Якщо під час лекційних занять розглядаються питання для таких машин з ДВЗ як автомобіль, трактор, вертоліт, локомотив, судно, то на лабораторних заняттях розглядаються навчальні питання переважно для автомобілів, та по деяким питанням для тракторів.

Мета проведення лабораторних робіт - дати студентам розуміння загальних принципів класифікації, будови та роботи механізмів і агрегатів, вузлів і систем автомобілів та тракторів при їх різному конструктивному виконанні.

Ознайомившись та вивчивши будь-яку складову частину автомобіля, його механізм, агрегат або вузол, студент повинен знати:

- призначення, характеристику за класифікаційними признаками;
- розташування;
- з яких елементів складається;
- загальний принцип роботи;
- з якого матеріалу виконані основні деталі;
- переваги й недоліки.

Розгляд питань, що стосуються загальної будови, принципу роботи складових частин конструкції автомобіля, студентами здійснюється безпосередньо з використанням матеріальної частини: розрізного механізму, агрегату, деталі, з застосуванням їх технічного опису в альбомах рисунків, інструкціях, підручниках та ін.

Після вивчення будь-якого агрегату і механізму студент повинен уміти:

- відобразити (намалювати, накреслити) по пам'яті його принципову (структурну, кінематичну) схему;
- по рисунку або схемі розповісти про його загальну будову і роботу;
- відповісти на запитання для самоперевірки.

У процесі навчання студенти зобов'язані дбайливо відноситися до навчального обладнання, наочних посібників, альбомів, плакатів і підручників.

На початку кожної роботи черговий студент роздає альбоми, плакати, керівництво до експлуатації та підручники, а при кінці роботи здає їх лаборанту або викладачеві. До обов'язку чергового студента входить також наведення порядку в лабораторії після закінчення робіт.

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 МЕХАНІЗМИ Й АГРЕГАТИ ТРАНСМІСІЇ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ. КАРДАННІ ТА ГОЛОВНІ ПЕРЕДАЧІ. ДИФЕРЕНЦІАЛИ

Мета роботи - вивчити класифікацію, будову, принцип дії та конструктивні варіанти деталей автомобільних і тракторних карданних і головних передач, диференціалів.

Наочні посібники:

- технічний опис, плакати, альбоми по конструкції автомобілів і тракторів;
- макети шасі та розрізні агрегати, вузли і деталі елементів трансмісій автомобілів і тракторів: трансмісія автомобіля ГАЗ-24; силова передача двигуна DEUWO «Matiz»; силова передача ZAZ

«Sens»; макет трансмісії повнопривідного легкового автомобіля з агрегатів та механізмів ГАЗ; силова передача автомобіля РENO; передній міст трактора МТЗ-82; передній міст автомобіля ЗІЛ-131; задні мости автомобілів ГАЗ-66, МАЗ-500, ВАЗ-2101;

- деталі шарнірів рівних і нерівних кутових швидкостей;
- пристрій для вивчення роботи карданної передачі з шарнірами нерівних кутових швидкостей;
- деталі симетричного кінцевого диференціала: хрестовина, півосьові шестерні, сателіти;
- диференціал вільного ходу трактора ТК-150К на підставці;
- деталі кінцевої головної передачі заднєпривідного автомобіля ВАЗ.

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Необхідність застосування карданних передач на автомобілях. Вимоги до карданних передач.
2. Конструкція, кінематика і робота карданної передачі з шарнірами нерівних кутових швидкостей.
3. Причини, що потребують застосування шарнірів рівних кутових швидкостей. Принципи будови, конструкція, кінематика і робота карданних шарнірів рівних кутових швидкостей різних типів: здвоєного, кулачкового, кулькового.
4. Призначення і типи головних передач. Вимоги, що пред'являються до них.
5. Конструкція, робота, властивості та області застосування одинарних, подвійних (суміщених і рознесених) та двоступеневих головних передач.
6. Конструкція центральної та кінцевої передач тракторів.
7. Призначення й принцип дії диференціала. Вимоги до диференціалів. Недоліки простого кінцевого диференціала.
8. Класифікація диференціалів. Міжколісні і міжосьові диференціали.
9. Конструкція механізмів блокування диференціалів.
10. Поняття коефіцієнта блокування диференціалу.

3.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань

3.1.1 Карданні передачі

Карданні передачі застосовуються в трансмісіях автомобілів і тракторів для силового зв'язку механізмів, вали яких неспівосні або розташовані під кутом, причому взаємне положення їх може змінюватися в процесі руху.

Передача складається з:

- одного або декількох карданних шарнірів;
- карданних валів;
- проміжних опор.

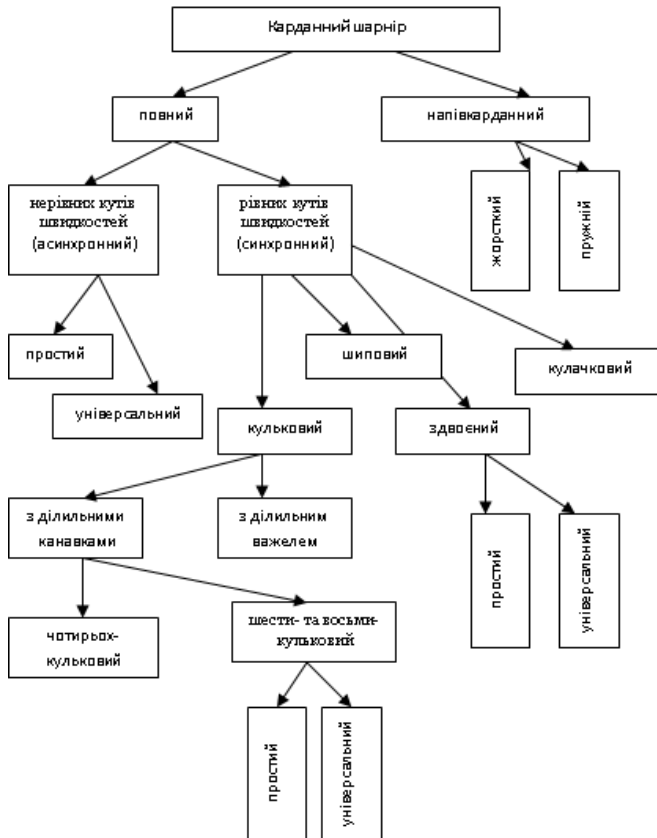


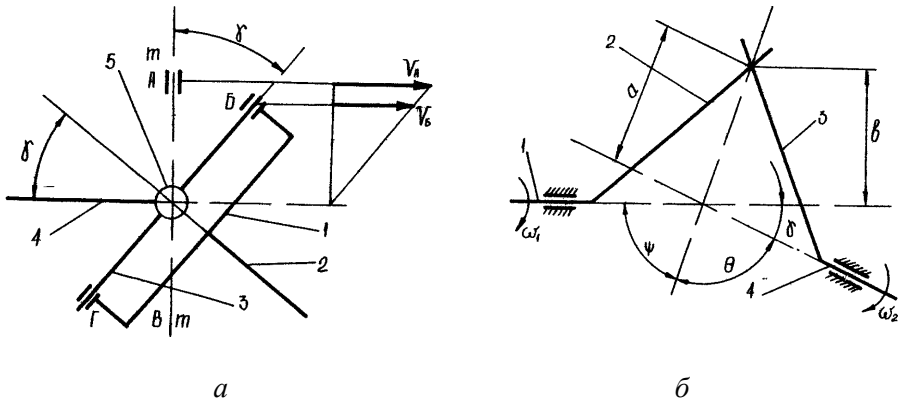
Рисунок 3.1 - Класифікація карданних шарнірів

До карданних передач пред'являються наступні вимоги:

- передача крутного моменту без створення додаткових навантажень в трансмісії, які вигинають, скручують деталі, зумовлюють протікання вібраційних процесів;
- можливість передачі крутного моменту із забезпеченням рівності кутових швидкостей провідного і відомого валів незалежно від кута між валами, що з'єднуються;
- високий ККД;
- безшумність роботи.

В основі всіх конструкцій карданних шарнірів рівних кутових швидкостей лежить єдиний принцип: точки контакту, через які передаються окружні сили, знаходяться в бісекторній площині валів (рис. 3.2).

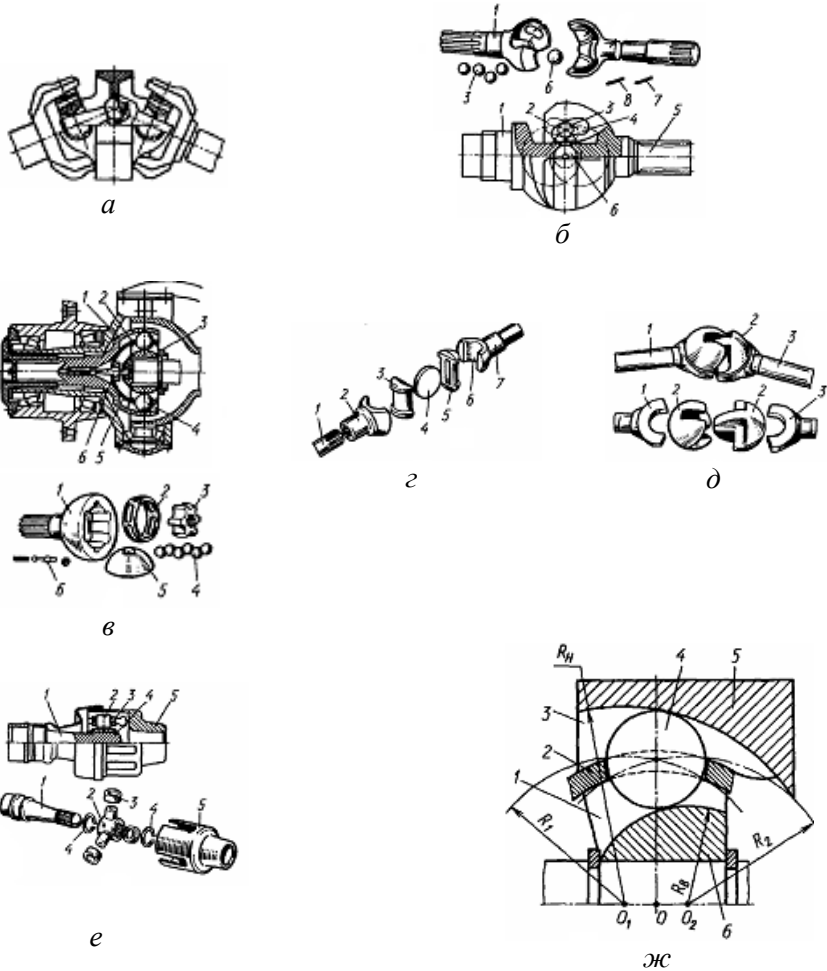
Розрізняють карданні передачі: закриті та відкриті; за схемою розташування - плоскі (ведучі вилки шарнірів розташовані під кутом 90° одну до одної), просторові (вали розташовані не в одній площині).



а - жорсткого асинхронного шарніра: 1 - вилка веденого вала, 2 - ведений вал, 3 - шип хрестовини, 4 - ведучий вал, 5 - центр хрестовини;

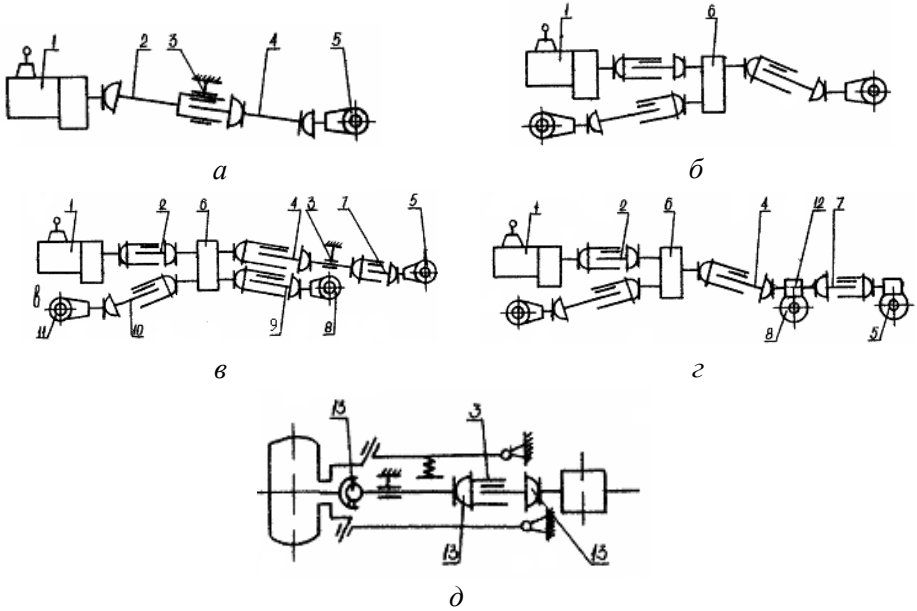
б - синхронного шарніра: 1 - ведучий вал, 2 - поводок вилки ведучого вала, 3 - поводок вилки веденого вала, 4 - ведений вал, (m-m) - бісекторна площина

Рисунок 3.2 - Кінематичні схеми шарнірів



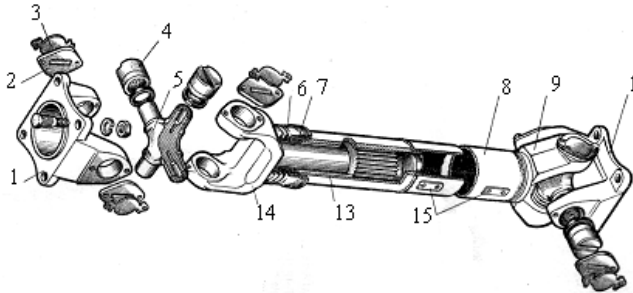
a - здвоєний шарнір; *б* - шарнір типу «Вейс»: 1 і 5 - зовнішня і внутрішня півосі, 2 і 4 - ділильні канавки для кульок, 3 - кулька, 6 - центруюча кулька, 7 - палець, 8 - стопорний штифт; *в* - шарнір типу «Рцеппа»: 1 - зовнішня чашка, 2 - сепаратор, 3 - зірочка, 4 - кульки, 5 - внутрішня чашка, 6 - ділильний важілець; *г* - дисковий шарнір; *д* - сухарний шарнір: 1 і 7 - зовнішня і внутрішня півосі, 2 і 6 - вилки, 3 і 5 - сухарі, 4 - диск; *е* - шарнір типу «Трипод»: 1 - вал, 2 - втулка з трьома шпичками, 3 - ролик, 4 - стопорне кільце, 5 - сепаратор; *ж* - шарнір типу «Бірфільд»: 1 - внутрішня ділильна канавка, 2 - центруючий сепаратор, 3 - зовнішня ділильна канавка, 4 - кулька, 5 - чашка, 6 - зірочка

Рисунок 3.3 - Схеми карданных шарнірів рівних кутових швидкостей



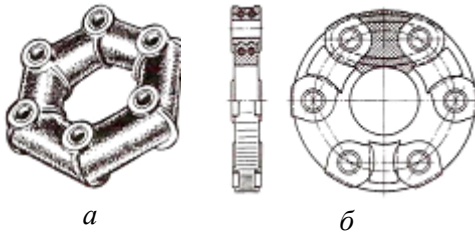
а - двовісного автомобіля з одним заднім ведучим мостом, *б* - двовісного повнопривідного автомобіля, *в* - трьохвісного автомобіля з індивідуальним приводом мостів, *г* - трьохвісного повнопривідного автомобіля з проміжним прохідним мостом, *д* - приводу ведучого керованого колеса; 1 - ДВЗ, 3 - проміжна опора валу, 5, 8, 11 - механізми ведучого моста, 6 - роздавальна коробка, 13 - ШРКШ

Рисунок 3.4 - Схеми карданних передач

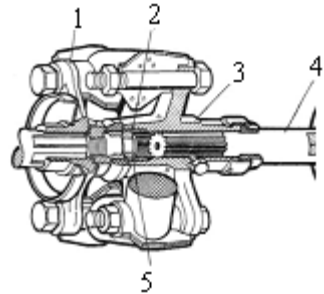


1 - вилка-фланець, 2 - кришка підшипника, 3 - стопорна пластина, 4 - голчастий підшипник, 5 - хрестовина, 6 - захисна муфта, 7 - обойма сальника, 8 - вал, 9 - глуха вилка, 10 - стакан підшипника, 11 - голки підшипника, 12 - сальник, 13 - шліцева втулка, 14 - рухома вилка, 15 - пластина балансування, 16 - торцевий сальник

Рисунок 3.5 - Карданний вал автомобіля ЗІЛ-131 з шарнірами нерівних кутових швидкостей



а - гумове, *б* - гумове з тросовим підсиленням
Рисунок 3.6 - Пружні ланки півкарданних шарнірів



1 і 3 - фланці, 2 - втулки,
4 - карданний вал, 5 - кільце, що
центрує
Рисунок 3.7 - Карданна передача з
пружним півкарданним шарніром

3.1.2 Головні передачі

Головна передача забезпечує постійне збільшення крутного моменту і передачу його до ведучих коліс. Головна передача вибирається з умов отримання заданої максимальної швидкості автомобіля (трактора) на вищій передачі в коробці передач і оптимальної паливної економічності.

До головних передач пред'являються наступні вимоги:

- мінімальні розміри по висоті для забезпечення максимального можливого дорожнього просвіту;
- можливо нижчий рівень шуму;
- загальні вимоги: забезпечення мінімальних розмірів і маси, простота пристрою і обслуговування, технологічність, ремонтпридатність.

Класифікація головних передач наведено на рис. 3.8. Можливі схеми компонування елементів головних передач автомобілів наведено на рис. 3.9.

В трансмісіях тракторів має місце центральна передача та кінцева передача (рис. 3.11-3.15). Центральних передач може бути дві (дві пари конічних шестерень), якщо розділення крутного моменту здійснюється в коробці передач.

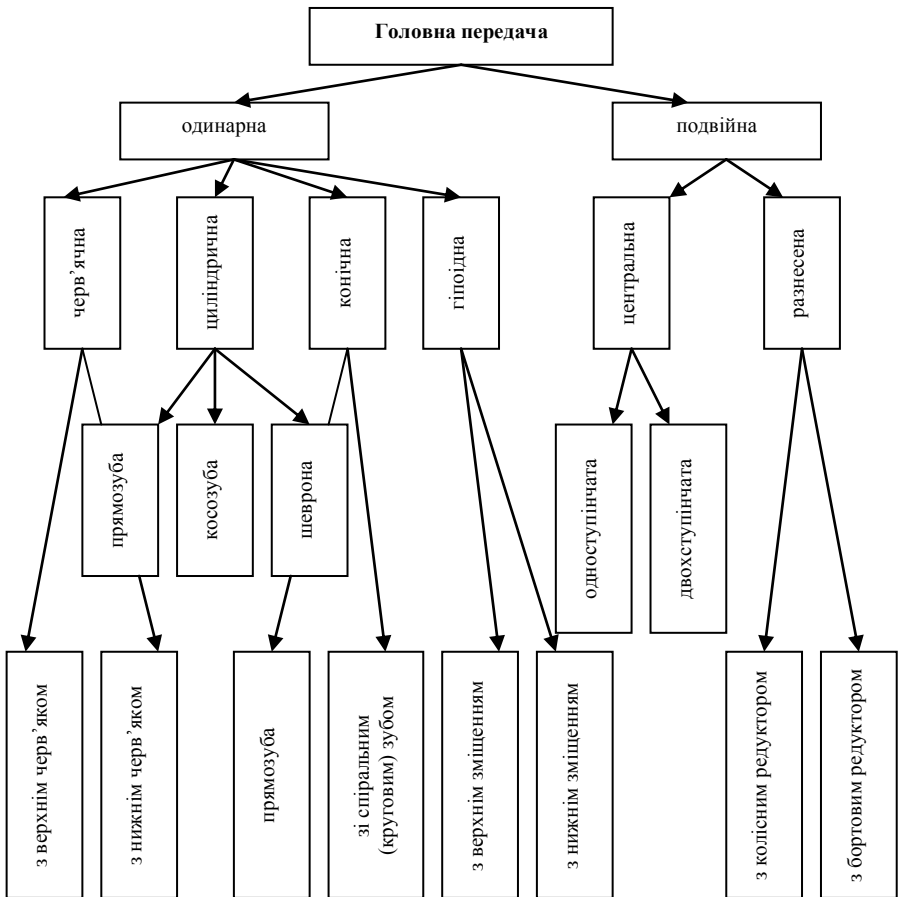
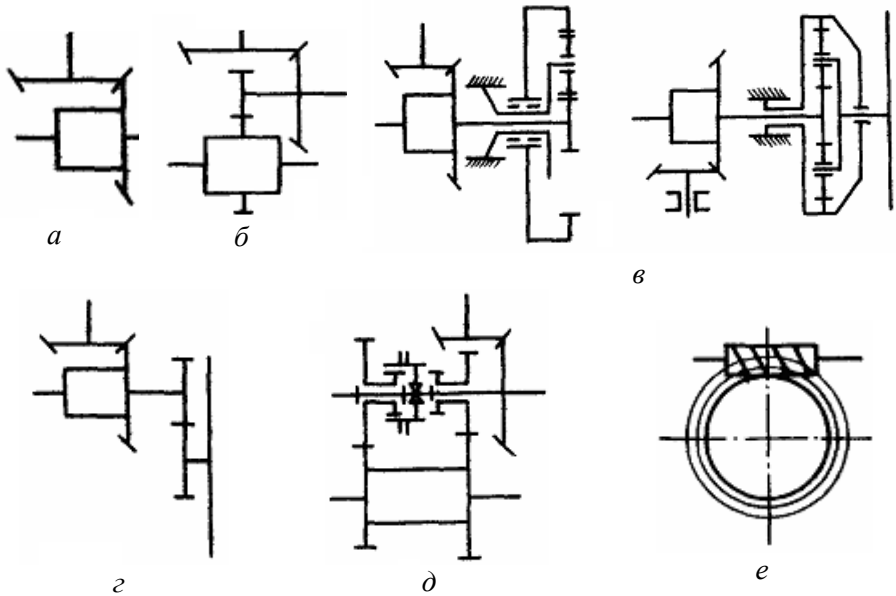
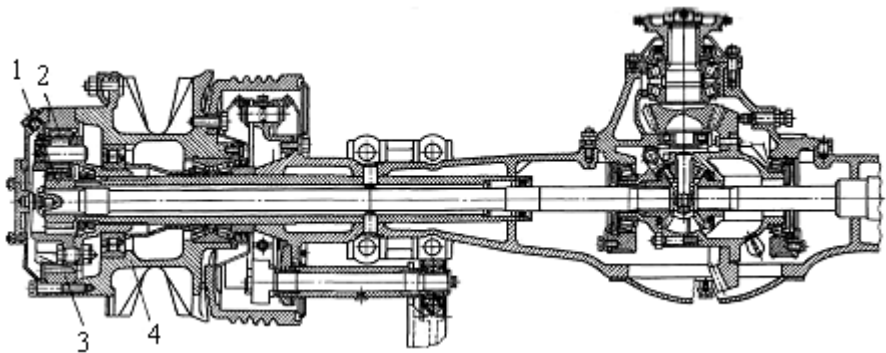


Рисунок 3.8 - Класифікація головних передач



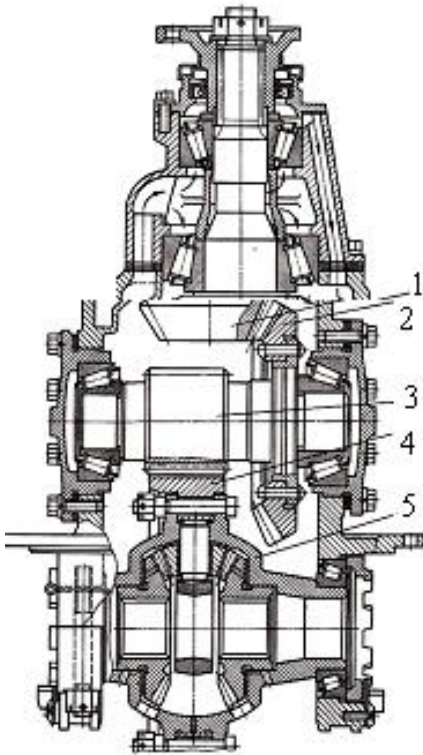
а - одинарна, *б* - подвійна, *в* - подвійна рознесена з планетарним колісним редуктором і колісним редуктором з нерухожими осями шестерень, *г* - подвійна рознесена з бортовою передачею, *д* - двоступенева (двохшвидкісна), *е* - черв'ячна

Рисунок 3.9 - Схеми головних передач автомобілів



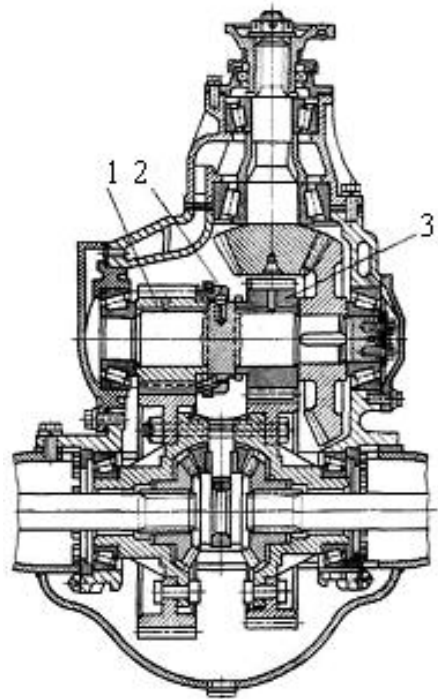
1 - сонячна шестерня, 2 - сателіти, 3 - епіциклічна шестерня, 4 - маточина

Рисунок 3.10 - Рознесена головна передача з колісними редукторами



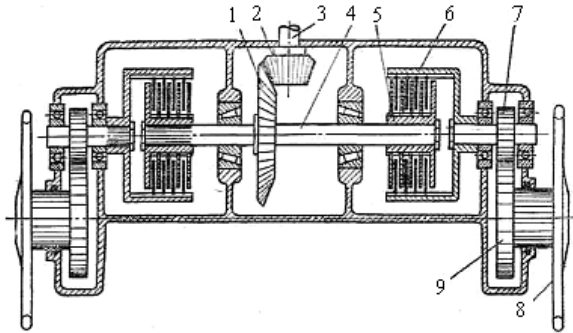
1 - конічна шестерня, 2 - конічне колесо,
3 - циліндрова шестерня, 4 - циліндрове
колесо, 5 - диференціал

Рисунок 3.11 - Центральна головна
передача з валами, розташованими в одній
площині



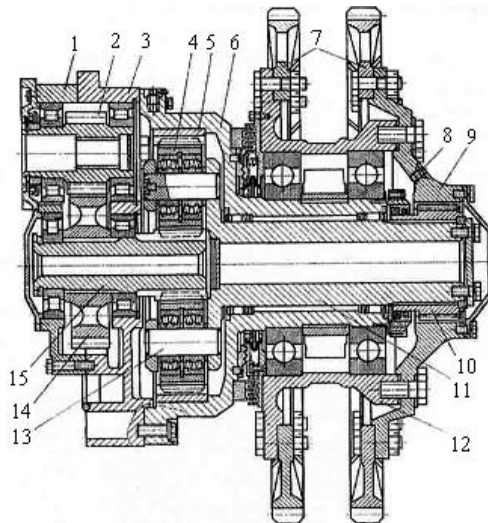
1 - шестерня нижчої передачі, 2 - муфта
перемикання передач, 3 - шестерня вищої
передачі

Рисунок 3.12 - Двоступенева головна
передача з циліндровою зубчатою
передачею



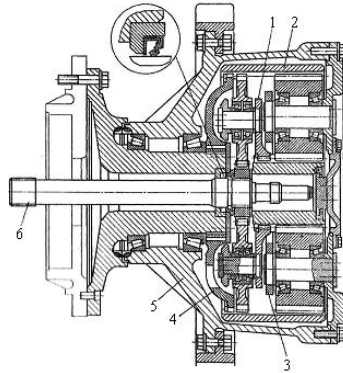
- 1, 2 - конічні шестерні центральної передачі, 3 - вторинний вал коробки передач,
 5 - провідна частина фрикційної муфти, 6 - ведена частина фрикційної муфти,
 7, 9 - циліндричні шестерні кінцевої передачі, 8 - ведені колеса

Рисунок 3.13 - Схема головної передачі гусеничного трактора з одноступеневою конічною передачею



- 1 - кришки, 2, 14 - зубчасті колеса, 3 - картер, 4 - сателіт, 5 - епіциклічна шестерня,
 6 - кронштейн, 7 - венець, 8 - пробка, 9, 10 - муфта, 11 - водило, 12 - барабан,
 13 - вісь сателіта, 15 - сонячна шестерня

Рисунок 3.14 - Кінцева передача трактора ДЕТ-250М



1 - водило першого планетарного ряду, 2 - епіциклічне колесо всіх рядів,
3 - водило другого планетарного ряду, 4 - диск, 5 - барабан, 6 - піввісь
Рисунок 3.15 - Кінцева передача гусеничного трактора D9L (США)

3.1.3 Диференціали

Диференціал є механізм трансмісії, який виконує функції розподілу крутного моменту, що підводиться до нього між колесами або мостами (у деяких автомобілях між бортами), що дозволяє веденням валам обертатися з неоднаковими кутовими швидкостями.

До диференціала пред'являють наступні вимоги:

- розподіл крутних моментів, між колесами і мостами в пропорції, що забезпечує найкращі експлуатаційні властивості (максимальну тягову силу, хорошу стійкість і керованість);
- загальні вимоги: забезпечення мінімальних розмірів і маси, простота пристрою і обслуговування, технологічність, ремонтпридатність.

Відношення моменту на відстаючому валу, до моменту забігаючого валу, характеризує розподіл крутних моментів між півосями або мостами, і називається коефіцієнтом блокування K_{δ} .

$$K_{\delta} = \frac{M_{\text{відст.}}}{M_{\text{забіг.}}} \quad (3.1)$$

В залежності від типу диференціала $K_{\delta}=1 \dots \infty$: $K_{\delta}=1$ при $M_{\text{відст.}}=M_{\text{забіг.}}$, $K_{\delta}=\infty$ при $M_{\text{забіг.}}=0$.

Іноді під коефіцієнтом блокування розуміють відношення моменту тертя в диференціалі до моменту на коробці диференціалу:

$$K_{\delta}^1 = M_m / M_{\delta}. \quad (3.2)$$

При такому розподілі коефіцієнт блокування $K_{\delta}^1 = 0 \dots 1$: $K_{\delta}^1 = 0$, якщо тертя в диференціалі відсутнє; $K_{\delta}^1 = 1$, якщо $M_m = M_{\delta}$ (повне блокування диференціалу).

Рівняння симетричного диференціалу має вигляд:

$$\omega_1 + \omega_2 = 2\omega_0. \quad (3.3)$$

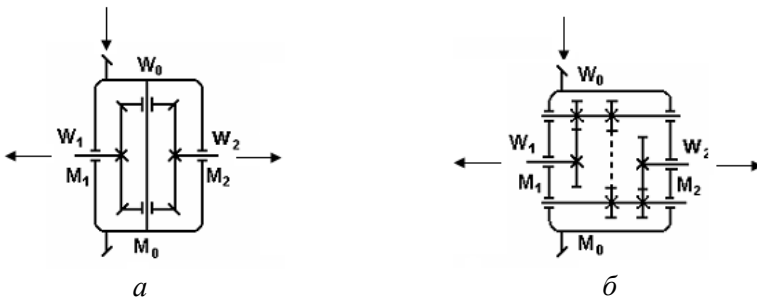
Для симетричного диференціалу моменти на півосях:

$$M_{\text{відст}} = 0,5 M_{\delta} + M_m, \quad (3.4)$$

$$M_{\text{забіз}} = 0,5 M_{\delta} - M_m. \quad (3.5)$$

При відсутності втрат у симетричному диференціалі моменти на півосях розподіляються порівну:

$$M_1 = M_2 = 0,5 M_{\delta}. \quad (3.6)$$



a - конічний, *б* - циліндричний

Рисунок 3.16 - Схеми симетричних диференціальних механізмів

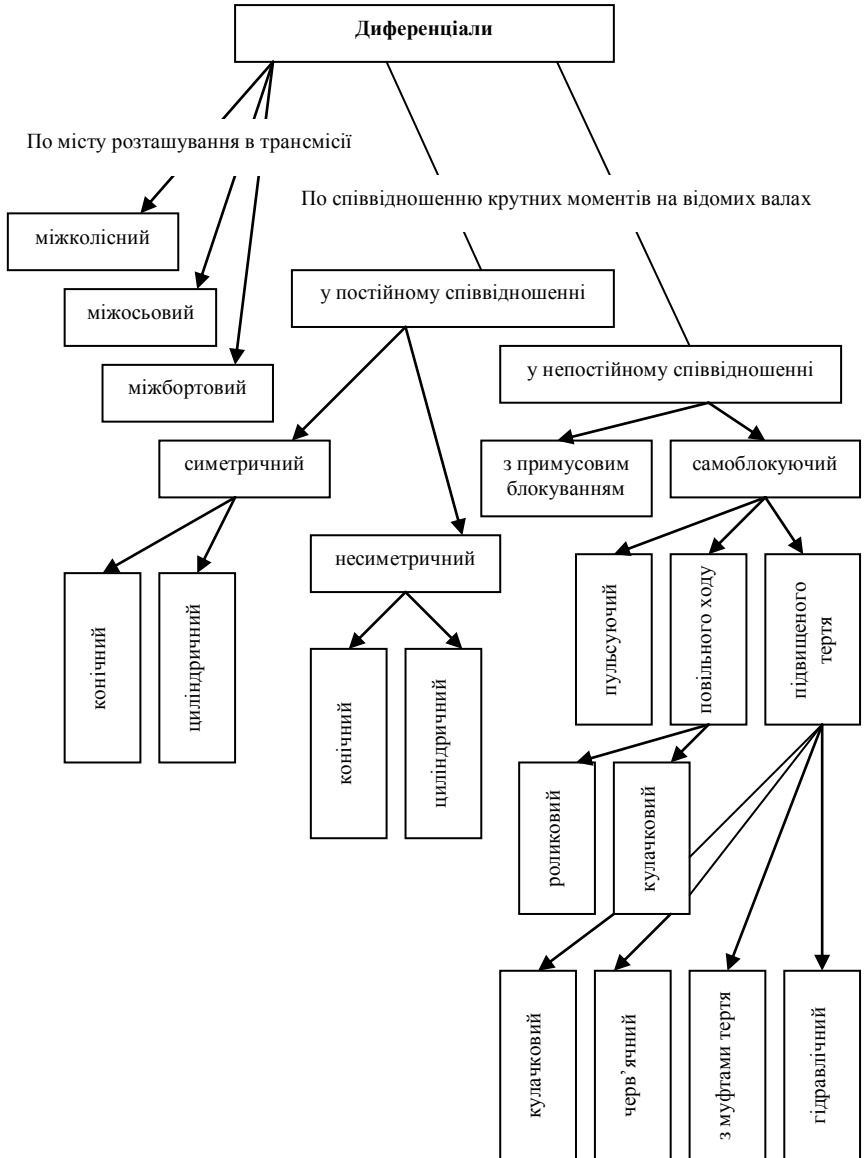
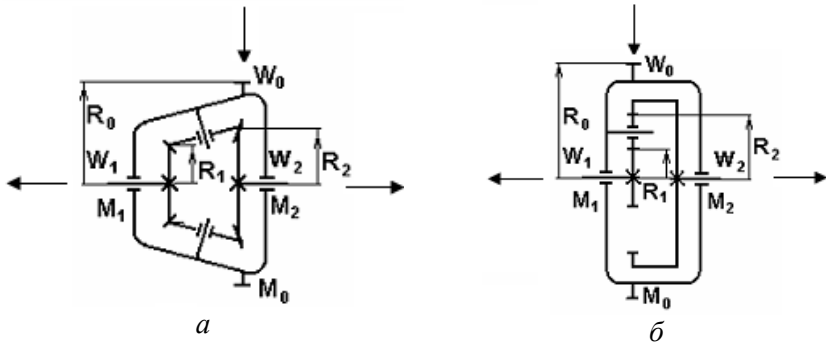


Рисунок 3.17 - Класифікація диференціалів



в - конічний, з - циліндричний

Рисунок 3.18 - Схеми несиметричних диференціальних механізмів

3.2 Завдання

У відповідності зі змістом та інформацією, викладених вище, оформити звіт у наступній послідовності.

3.2.1 Назва лабораторної роботи.

3.2.2 Питання, які були розглянуті та засвоєні під час лабораторної роботи (не менше трьох). Питання формулювати конкретно, в межах пропонованих, причому необхідно розглянути не менше одного питання по карданній передачі, головній передачі, диференціалу.

3.2.3 Наочні посібники, які були використані при розгляді питань.

3.2.4 Письмово викласти у робочих зошитах відповіді на контрольні запитання. При необхідності накреслите схему для пояснення відповіді. Для отримання оцінки «задовільно» потрібно дати відповіді на питання не менш трьох, «добре» - чотирьох; «відмінно» - п'яти.

Контрольні запитання

1. Призначення карданної передачі і вимоги, що пред'являються до неї.
2. Конструктивні варіанти карданних передач по силовому приводу до ведучих коліс.
3. Типи і особливості конструкції карданних шарнірів рівних кутових швидкостей.
4. Кінематичні умови вирівнювання кутових швидкостей ведучого і веденого валів карданних передач.
5. Призначення і класифікація головних передач.
6. Типи центральної, кінцевої передач тракторів.
7. Призначення міжколісного диференціала і вимоги, що пред'являються до нього.
8. Призначення і конструктивні варіанти міжосьових диференціалів.
9. Призначення механізмів блокування диференціалів.

3.3 Домашнє завдання

У відповідності з варіантом завдання, до продовження попереднього домашнього завдання, для визначеної марки автомобіля (трактора), письмово викласти наступне.

3.3.1 Накресліть кінематичну схему карданної передачі трансмісії. Вкажіть кількість карданних валів і шарнірів, тип карданних шарнірів, що застосовано в трансмісії; види змазок, що застосовуються для деталей і вузлів карданної передачі.

3.3.2 Накресліть кінематичну схему головної передачі. Випишіть основні дані головної передачі: тип (за ознаками класифікації); передаточне число; марку і контрольний об'єм трансмісійного масла для головної передачі.

3.3.3 Накресліть кінематичну схему диференціала. Випишіть тип міжколісного диференціалу, тип міжосьового диференціалу (для повнопривідних тривісних автомобілів), тип приводу блокування диференціала.

Література: [1], с. 218-224; [2], с. 188-190, 194-205; [3], с. 104-113, с. 126-140, 146-151; [5], с. 129-143.

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

ХОДОВА ЧАСТИНА АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи - вивчити вимоги, які пред'являються до несучих систем, підвісок, мостів, шин та коліс автомобілів, їх ознаки класифікації; ознайомитися з конструктивним виконанням деяких підвісок, маточинних вузлів на макетах та розрізних агрегатах.

Наочні посібники:

- технічний опис, плакати, альбоми по конструкції автомобілів (КАМАЗ; ГАЗ-66; ЗІЛ-130; МАЗ-500);
- макети шасі та розрізні агрегати, вузли і деталі ходової частини автомобілів: макет натурних елементів трансмісії повнопривідного легкового автомобіля ГАЗ з елементами підвіски; макет натурних елементів конструкції легкового автомобіля РЕНО; передній, задній мости автомобіля ГАЗ-24; передній міст трактора МТЗ-82; передній міст автомобіля ЗІЛ-131; передній, задній мости автомобіля ВАЗ-2106; задні мости автомобілів: ГАЗ-66; МАЗ-500;
- поворотні цапфи, кулаки, шворні;
- пружні елементи: пружини; торсіони; пластмасовий лист ресори;
- розрізні пневматичні гідравлічні стійки;
- активний стабілізатор поперечної стійкості легкового автомобіля;
- важелі підвісок легкових автомобілів.

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Вимоги, які пред'являються до підвісок, мостів, шин та коліс автомобілів.
2. Установки керованих коліс автомобіля.
3. Класифікація підвісок.
4. Схеми компонування елементів підвісок.
5. Класифікація шин.
6. Конструкція шини.
7. Класифікація коліс.
8. Класифікація автомобілів за несучою силовою схемою.

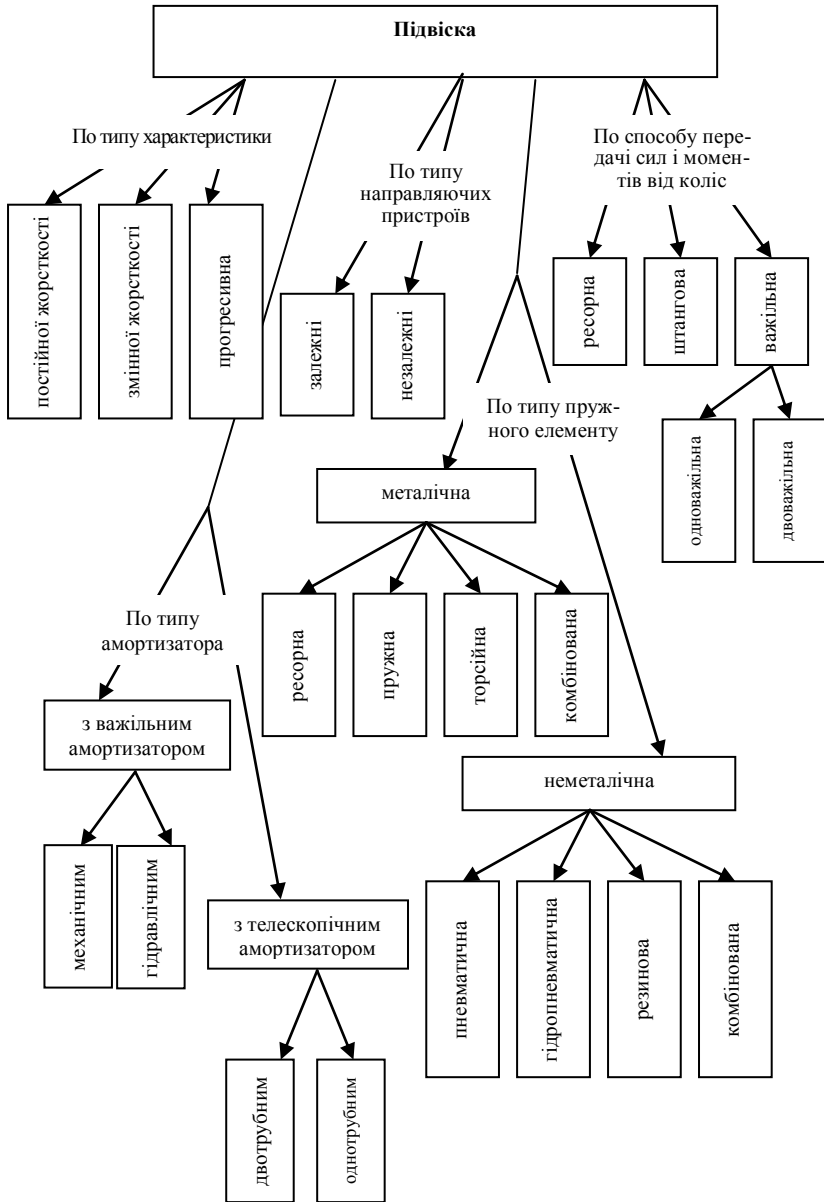


Рисунок 4.1 - Класифікація підвісок

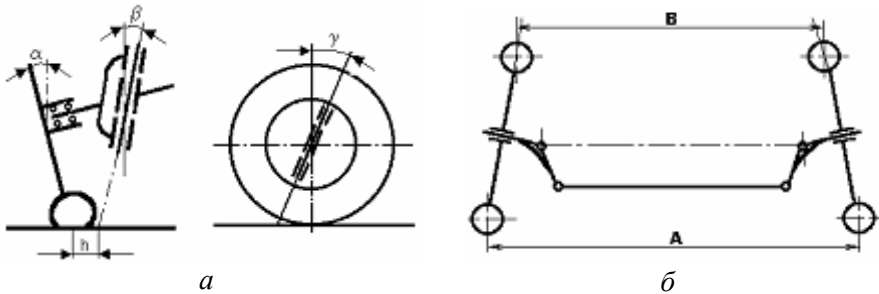
4.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань

Підвіска автомобіля забезпечує пружне з'єднання несучої системи з колесами автомобіля.

До підвісок автомобілів пред'являються наступні вимоги:

- забезпечення плавності ходу;
- забезпечення руху по нерівних дорогах без ударів в обмежувач;
- обмеження поперечного крену автомобіля;
- кінематичне узгодження керованих коліс, що виключає їх коливання щодо шворнів;
- забезпечення затухання коливань кузова і коліс;
- постійність колії, улов нахилу коліс; постійність улову нахилу шворнів;
- надійна передача від коліс до кузова подовжніх і поперечних сил; зниження маси частин, що не підресорені.

Кути, що характерні для установки керованих коліс наведені на рис. 4.2. Ознаки, за якими класифікують підвіски автомобілів, наведені на рис. 4.3. Де які схеми підвісок наведені на рис. 4.4-4.5.



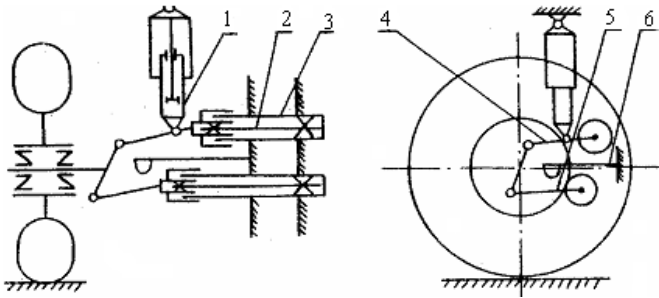
a - вид на колесо спереду та збоку; *б*- вид на колеса зверху; α - кут розвалу колеса; β - кут поперечного нахилу вісі обертання колеса; γ - кут подовжнього нахилу осі обертання колеса; *h* - плече обкатування колеса

Рисунок 4.2 - Схема установки керованих коліс автомобіля

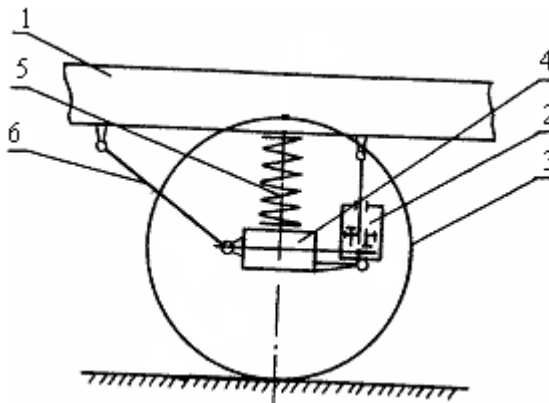
Одним з недоліків залежної підвіски ведучих коліс є велика невідресорена маса, яка незадовільно впливає на такі показники, як комфорт автомобіля, його стійкість і керованість. У залежній підвісці «Де Діон» картер головної передачі закріплюється на поперечині рами або на кузові, а привід коліс здійснюється півосями на шарнірах (рис.

4.8), при цьому колеса з'єднуються зігнутою балкою. Підвіска залишається залежною, проте за рахунок кріплення масивної головної передачі окремо від моста невідресорена маса істотно зменшується.

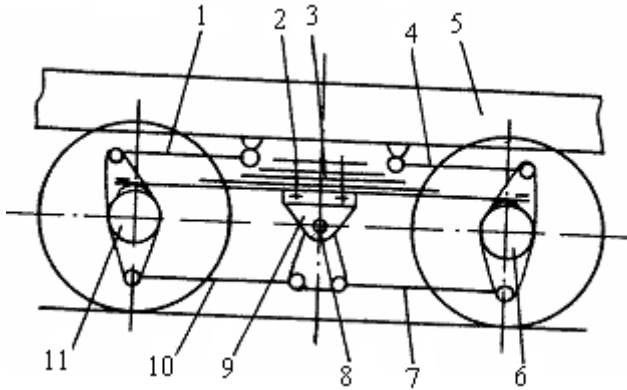
Вдосконалення конструкції підвіски «Де Діон» дало можливість виконувати її також і незалежною. Наприклад, корпус головної передачі закріплюється на підрамнику, колеса підвішуються на п'яти важелях, та приводяться півосями, що гойдаються.



1 - телескопічний амортизатор, 2 - торсіон, 3 - труба торсіон (направляючий пристрій), 4, 5 - верхній, нижній важелі, 6 - кронштейн гумового буфера
Рисунок 4.3 - Схема передньої важільно-торсійної підвіски

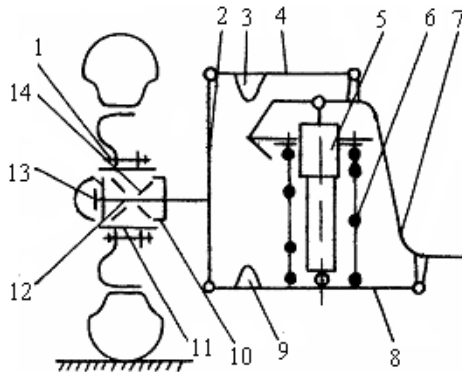


1 - фрагмент рами, 2 - амортизатор, 3 - колесо, 4 - маточинний вузол,
5 - пружний елемент (циліндрична пружина), 6 - повздовжній важіль
Рисунок 4.4 - Схема важільно-пружинної підвіски на повздовжніх важелях



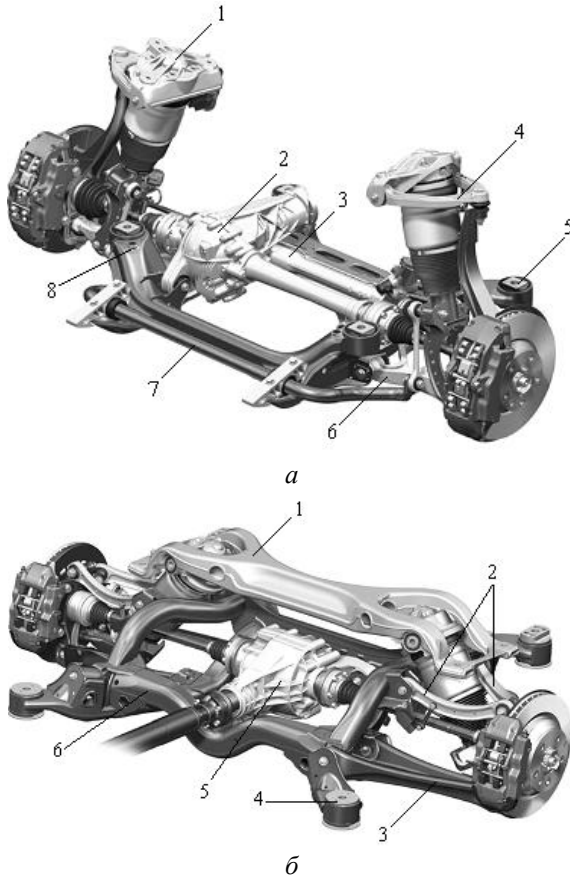
1, 4, 7, 10 - верхні, нижні реактивні штанги з шарнірами, 2 - стрем'янка,
3 - ресора, 5 - фрагмент рами, 6, 11 - корпуси середнього і заднього мостів,
9 - корпус балансира з віссю

Рисунок 4.5 - Схема балансирної підвіски



1 - гайка кріплення диска колеса, 2 - вертикальна стійка, 3 - буфер віддачі,
4 - верхній поперечний важіль, 5 - амортизатор, 6 - пружина, 7 - підрамник,
8 - нижній поперечний важіль, 9 - буфер стиску, 10 - поворотний кулак,
11 - маточинний вузол, 12, 14 - підшипники, 13 - гайка

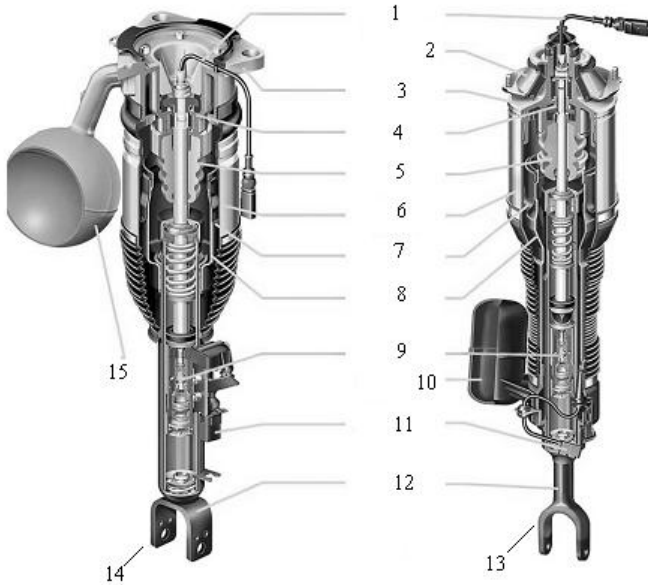
Рисунок 4.6 - Схема незалежної важільної передньої підвіски



a - передня підвіска: 1 - опірна стійка, 2 - передній ведучий міст, 3 - корпус рульового механізму, 4 - верхній важіль, 5 - гумова прокладка опірних елементів, 6 - нижній важіль, 7 - балка стабілізатора, 8 - підрамник;

б - задня підвіска: 1 - верхній поперечний підрамник, 2 - поперечні важелі, які керують, 3 - ніжний поперечний важіль, 4 - гумова прокладка опірних елементів, 5 - задній ведучий міст, 6 - підрамник

Рисунок 4.9 - Підвіска автомобіля Audi Q7



1 - кабель амортизатора, 2 - упорний підшипник стійки, 3 - кришка пневмокамери, 4 - верхня опора амортизатора, 5 - відбійник, 6 - зовнішній прямуючий елемент, 7 - мембрана пневматичної пружини, 8 - корпус, 9 - механізм регулювання жорсткості, 10 - додаткова камера, 11 - датчик прискорення, 12 - вилка кріплення, 13 - стійка передньої підвіски, 14 - стійка задньої підвіски, 15 - додаткова камера

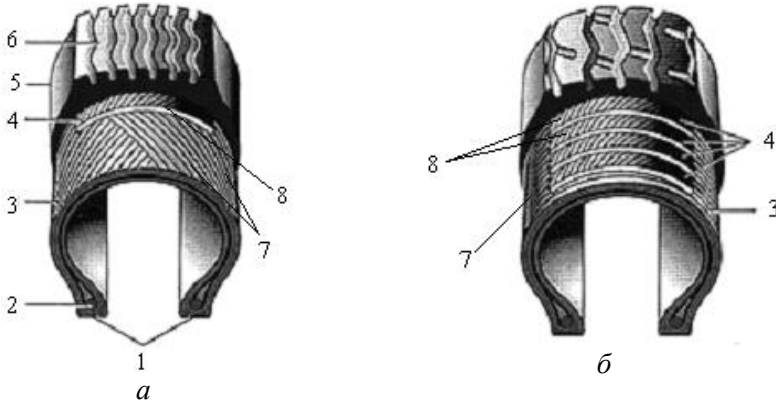
Рисунок 4.10 - Пневматична стійка з амортизатором змінної жорсткості

До шин автомобілів висуваються наступні вимоги:

- відповідність нормальної, бічної, крутильної і кутової жорсткості, тангенціальної еластичності параметрам автомобіля і умовам руху;
- камерні і безкамерні шини, змонтовані на ободі повинні бути герметичними і забезпечувати задану стабільність внутрішнього тиску за часом;
- зчеплення шини з покриттям дороги повинне бути достатнім, а опір коченню мінімальним;
- шина повинна забезпечувати низьке питоме навантаження дорогою;
- рисунок протектора повинен відповідати дорожньому покриттю;

- шина повинна володіти достатньою міцністю (протистояти проколам та іншим видам пошкоджень) і зносостійкістю протектора, повинна забезпечувати задану довговічність, зручність монтажу і демонтажу, ремонтпридатність.

Конструкція та конструктивні елементи шин наведені на рис. 4.11, 4.12, а ознаки класифікації на рис. 4.13.



a - діагональна, *б* - радіальна; 1 - борт, 2 - бортова проволочка, 3 - каркас, 4 - брекер, 5 - боковина, 6 - протектор, 7 - нитки каркасу, 8 - нитки брекера
Рисунок 4.11 - Конструкція шини



1 - каркас, 2 - брекер, 3 - протектор, 4 - боковина; 5 - борт, 6 - бортове кільце, 7 - наповнювальний шнур; *D* - зовнішній діаметр, *H* - висота профілю шини, *B* - ширина профілю шини, *d* - посадочний діаметр обода колеса (шини)

Рисунок 4.12 - Конструктивні елементи і основні розміри шин

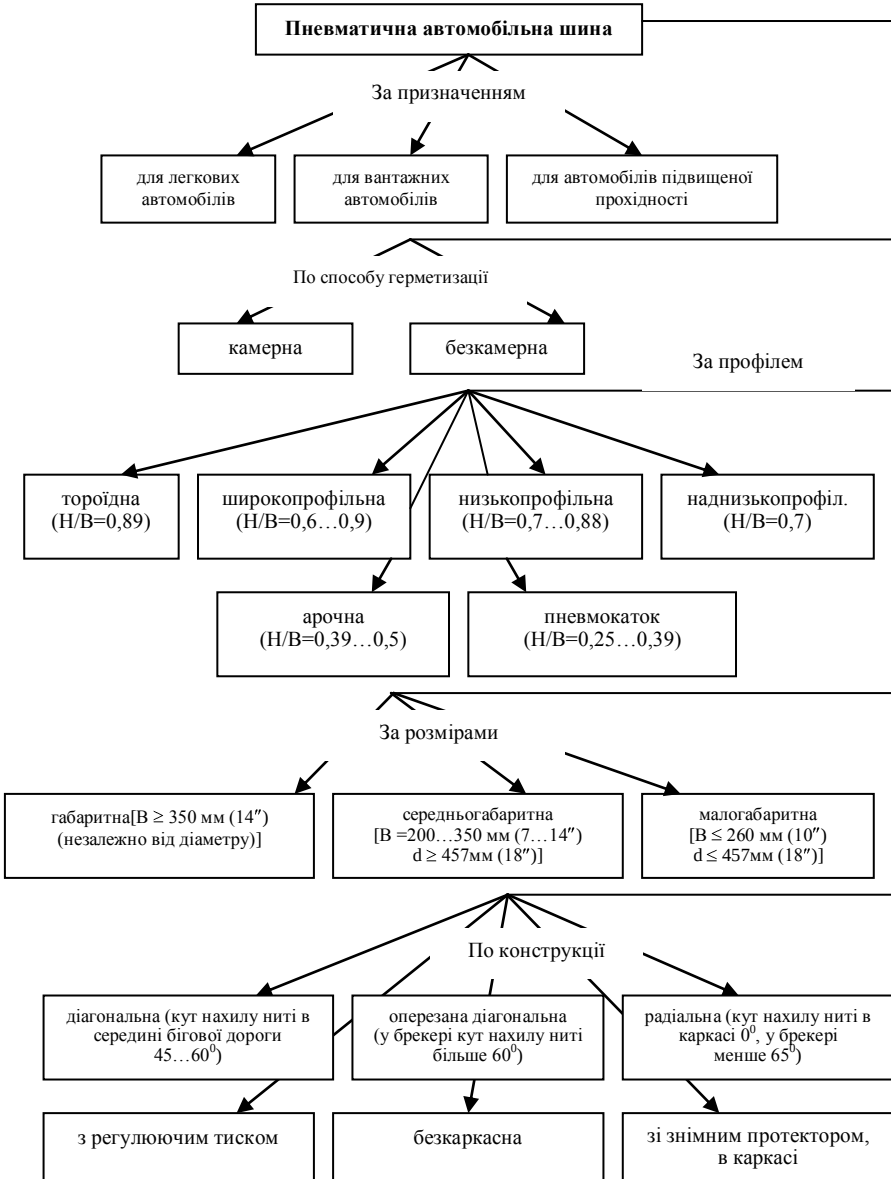


Рисунок 4.13 - Класифікація автомобільних шин

Конструкція рами повинна забезпечувати:

- стабільне взаємне положення механізмів автомобіля і кузова;
- хорошу технологічність, виробничу та ремонтну;
- при мінімальній масі запропоновані міцність та надійність;
- при прогинах та закручуванні елементів рами не повинно

порушуватися кінематичне узгодження механізмів та їх працездатність, що визначається жорсткістю рами та конструкцією кріплення механізмів.

Класифікація автомобілів по несучій схемі наведена на рис. 4.14.

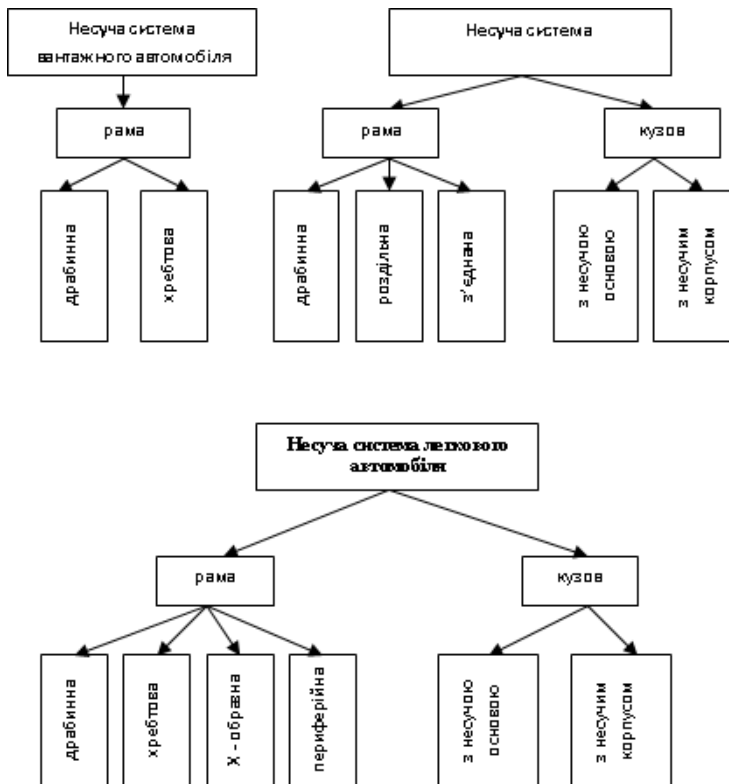


Рисунок 4.14 - Класифікація автомобілів по несучій силовій схемі

До мостів автомобілів висуваються наступні вимоги: мінімальна маса; найменші габаритні розміри; оптимальна жорсткість. Вимоги зменшення розмірів обумовлені необхідністю забезпечення заданого значення дорожнього просвіту, положення центра маси автомобіля. Оптимальна жорсткість моста визначає жорсткість системи управління і положення коліс, навантаженість елементів головної передачі і півосей. Ведучі мости включають елементи трансмісії: головну передачу, диференціал, півосі. Керовані мости включають до себе поворотні цапфи, деталі, що їх з'єднують. Ознаки класифікації мостів автомобілів наведено на рис. 4.15.

Колесо – конструкція, яка складається з обода та елемента (диска), який з ним з'єднується, з деталями кріплення. На колесо монтують пневматичну шину, далі його закріплюють на маточині.

До коліс автомобілів пред'являються наступні вимоги:

- повна відповідність шини, яка застосовується, жорсткості й конструкції обода;
- надійне кріплення до маточини;
- міцність та довговічність;
- мінімальне биття та дисбаланс;
- мінімальні маси і момент інерції;
- легкість монтажу і демонтажу шини.

При використанні безкамерних шин пропонувані додаткові вимоги:

- однакові посадочні розміри для камерної і безкамерної шин;
- можливість встановлення камерної шини;
- забезпечення початкової герметизації при накачуванні;
- наявність корозійностійкого покриття для захисту металу та для полегшення монтажно-демонтажних робіт.

Класифікація коліс наведена на рис. 4.16.

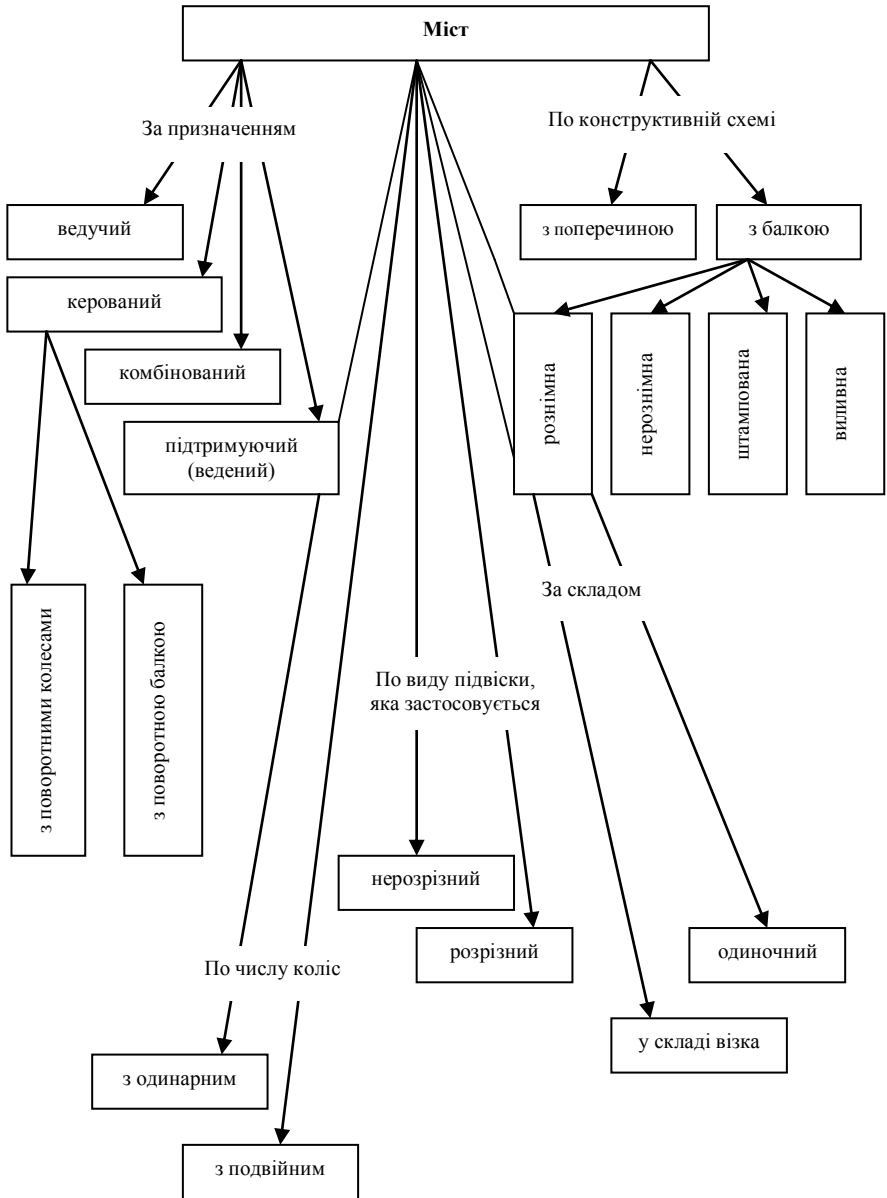


Рисунок 4.15 - Класифікація мостів

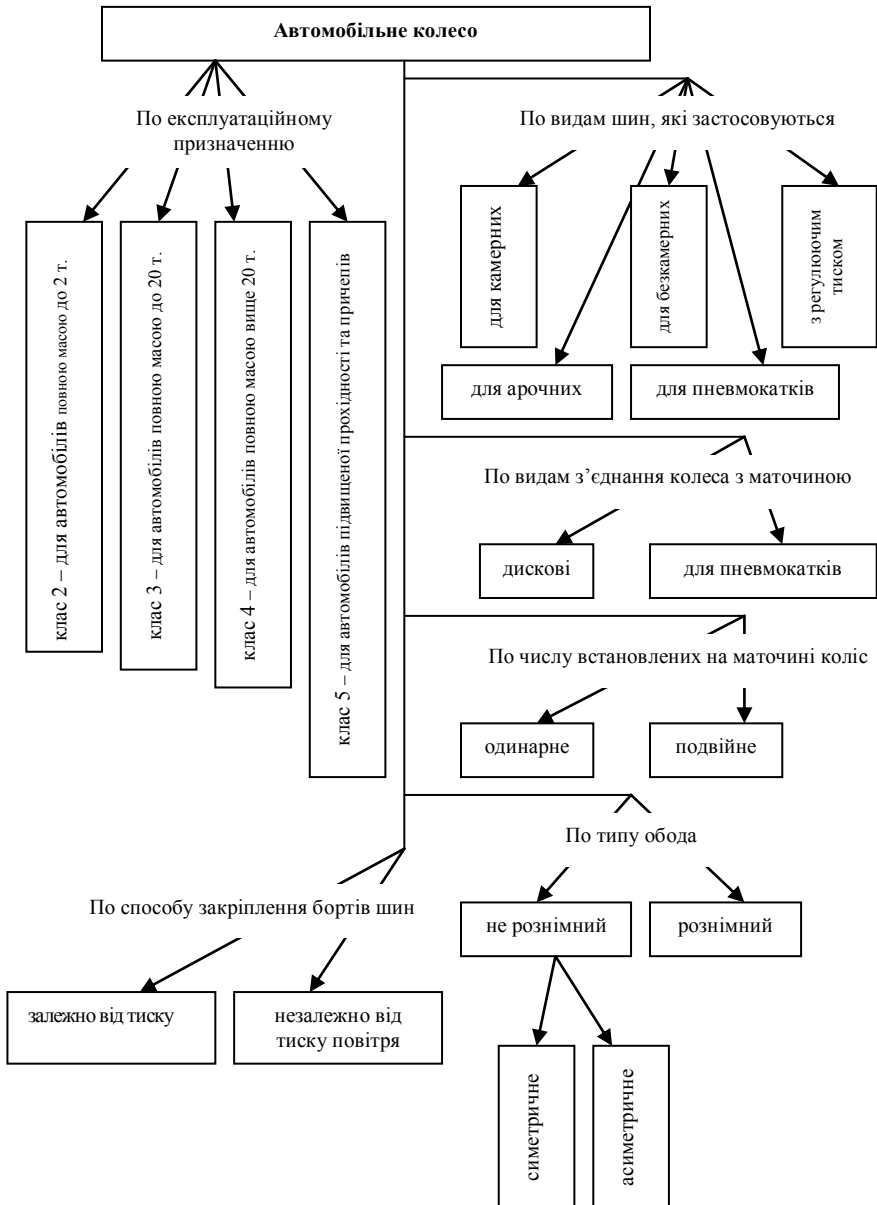


Рисунок 4.16 - Класифікація автомобільних коліс

4.2 Завдання

У відповідності зі змістом та інформацією, викладених вище, оформити звіт у наступній послідовності.

4.2.1 Назва лабораторної роботи.

4.2.2 Питання, які були розглянуті та засвоєні під час лабораторної роботи (не менше трьох). Питання формулювати конкретно, в пропонованих межах, причому необхідно розглянути не менше одного питання по підвіскам, мостам, колесам.

4.2.3 Наочні посібники, які були використані при розгляді питань.

4.2.4 Письмово викласти у робочих зошитах відповіді на контрольні запитання. При необхідності накреслите схему для пояснення відповіді. Для отримання оцінки «задовільно» потрібно дати відповіді на питання не менш трьох, «добре» - чотирьох; «відмінно» - п'яти.

Контрольні запитання

1. З яких частин складається ходова частина автомобіля та яке їх призначення?

2. За якими ознаками класифікують автомобільні шини? Поясніть два з них, наведіть приклади.

3. За якими ознаками класифікують автомобільні мости? Поясніть три з них, наведіть приклади.

4. За якими ознаками класифікують автомобільні колеса? Поясніть три з них, наведіть приклади.

5. Яке призначена складових частин підвіски автомобіля?

6. Які розрізняють кути установки керованих коліс і в яких площинах вони знаходяться?

7. В чому полягає принцип гасіння коливань амортизатором?

8. З яких елементів складається автомобільна шина? У чому полягає від'ємність радіальної від діагональної шини?

4.3 Домашнє завдання

У відповідності з варіантом завдання, до продовження попереднього домашнього завдання, для визначеної марки автомобіля (трактора) письмово викласти наступне.

4.3.1 Виписати основні дані підвіски автомобіля (трактора) у відповідності з варіантом завдання: типи підвіски передніх і задніх коліс; особливості конструкції пружного елементу підвіски, будови направляючого пристрою підвіски, гасячого пристрою підвіски. Накресліть принципову схему підвіски автомобіля (приклад наведено на рис. 4.3-4.6).

4.3.2 Виписати основні дані ходової частини автомобіля (трактора) у відповідності з варіантом завдання: тип рами, кузова; типи несучих мостів; тип, число і маркування шин; нормативний тиск в шинах передніх і задніх коліс; значення кутів установки керованих коліс автомобіля (колісного трактора); вид і марка мастил, що використовуються в опорному підшипниковім вузлі ходової частини. Накресліть схему установки керованих коліс (приклад наведено на рис. 4.2).

Література: [1], с. 246-263; [2], с. 207-220; [3], с. 249-260, с. 267-273, 278-287.

5 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ. МЕХАНІЗМИ Й ПІДСИЛЮВАЧІ

Мета роботи - вивчити вимоги, які пред'являються до рульового керування, ознаки класифікації, конструктивні варіанти його складових частин. Ознайомитися з загальною будовою деяких механізмів рульового керування автомобілів, принципів їх дії, регулювань.

Наочні посібники:

- технічний опис, плакати, альбоми по конструкції автомобілів (КАМАЗ; ГАЗ-66; ЗІЛ-130; МАЗ-500) і тракторів (ДТ-75, МТЗ-80, ЮМЗ-6, Т-40, Т-130);

- макет натурних елементів конструкції легкового автомобіля РЕНО; стенд для дослідження рульового механізму автомобіля МАЗ; передній міст автомобіля ЗІЛ-131, передній міст автомобіля ВАЗ 2106;

- розрізні рульові механізми автомобілів ЗІЛ-130, МАЗ-500, КАМАЗ; УАЗ-3160; ГАЗ-66;

- рейкові рульові механізми з гідравлічним та електричним підсилювачем;
- деталі рульового приводу.

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Вимоги, які пред'являються до рульового керування автомобілів і колісних тракторів, їх механізмів, підсилювачів, приводів.
2. Ознаки класифікації рульових керувань.
3. Типи рульових механізмів, порядок взаємодії між елементами конструкції.
4. Ознаки класифікації рульових підсилювачів.
5. Принцип дії гідравлічного, електричного підсилювача рульового механізму.
6. Компонування елементів конструкції рульових механізмів: рейкового, черв'ячного, гвинтового.
7. Компонування елементів конструкції рульового керування вантажних автомобілів на прикладі автомобілів ЗІЛ-130, КАМАЗ, ГАЗ-66, МАЗ-500.
8. Компонування елементів конструкції рульового керування легкових автомобілів.
9. Взаємодія елементів конструкції рульового керування колісного трактора на прикладі трактора зі шарнірно зчленованою рамою.
10. Кінематичні схеми, елементи конструкції механізму повороту гусеничних машин і тракторів.
11. Поняття ККД рульового механізму.

5.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань

До рульового керування автомобіля в цілому пред'являються наступні вимоги:

- можливе менше значення мінімального радіусу повороту для забезпечення хорошої маневреності;
- мале зусилля на рульовому колесі, що забезпечує легкість керування;

- силова і кінематична стежача дія, тобто пропорційність між зусиллям на рульовому колесі і моментом опору повороту керованих коліс, задана відповідність між кутом повороту рульового колеса і кутом повороту керованих коліс;
- мінімальне бічне ковзання коліс при повороті;
- мінімальна передача поштовхів на рульове колесо від ударів керованих коліс по нерівності дороги;
- оптимальна пружна характеристика рульового керування, яка визначає його чутливість та виключає можливість виникнення автоколивань керованих коліс;
- кінематична узгодженість елементів рульового управління з підвіскою для виключення самовільного повороту керованих коліс при деформації пружних елементів;
- мінімальний вплив на стабілізацію керованих коліс;
- підвищена надійність.

Класифікація рульового керування наведена на рис. 5.1.

До *конструкції рульових механізмів* пред'являється ряд спеціальних вимог:

- високий ККД в прямому напрямі (при передачі зусилля від рульового колеса) для полегшення управління автомобілем і декілька знижений ККД у зворотному напрямі для зниження поштовхів, що передаються на рульове колесо від керованих коліс при наїзді на нерівності;
- оборотність рульової пари, щоб рульовий механізм не перешкоджав стабілізації керованих коліс;
- мінімальний зазор в зачепленні елементів рульової пари в нейтральному положенні керованих коліс і в деякому діапазоні кутів повороту (беззазорне зачеплення) при обов'язковій нагоді регулювання зазору в процесі експлуатації;
- заданий характер зміни передавального числа рульового механізму;
- травматична безпека рульового механізму, з тим щоб при лобовому зіткненні він не був причиною травми водія.

Класифікація рульових механізмів наведена на рис. 5.2, а вид рульових пар на рис. 5.7.

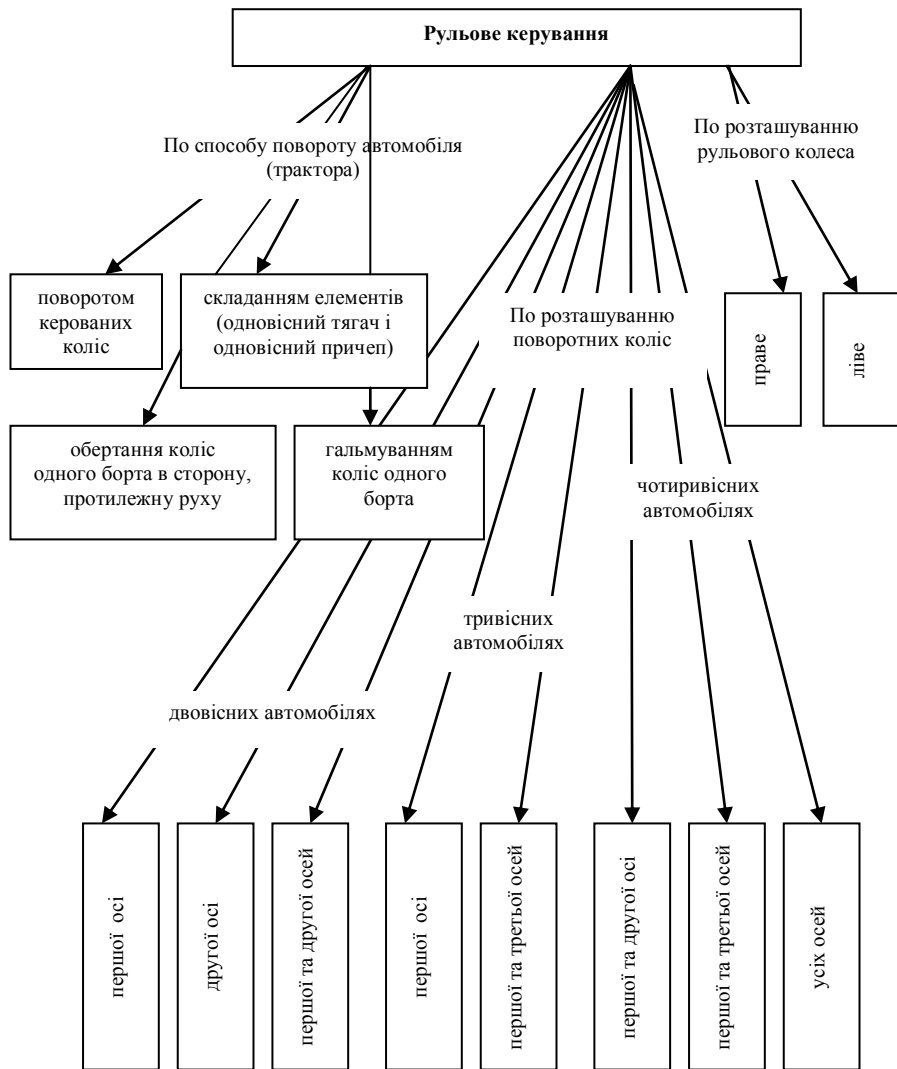


Рисунок 5.1 - Класифікація рульових керувань

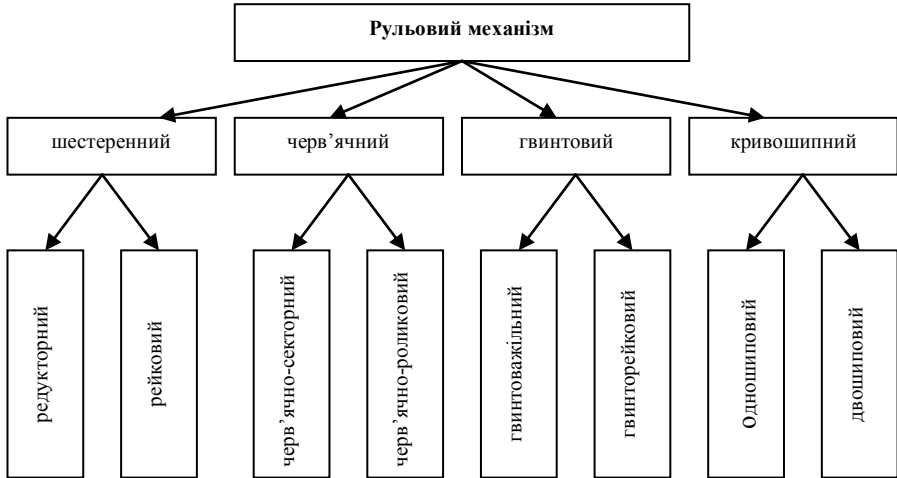


Рисунок 5.2 - Класифікація рульових механізмів

Прямий ККД рульового механізму визначається за виразом:

$$\eta_{np} = 1 - \frac{M_{mp1}}{M_{p.k.}}, \quad (5.1)$$

де: M_{mp1} - момент тертя рульового механізму, приведений до рульового колеса, Нм;

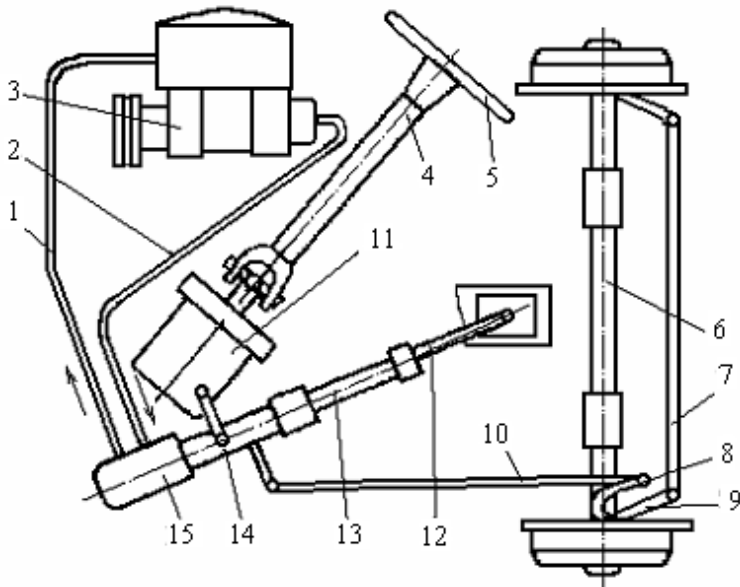
$M_{p.k.}$ - момент, який прикладений до рульового колеса, Нм.

Зворотній ККД рульового механізму визначається за виразом:

$$\eta_{ob} = 1 - \frac{M_{mp2}}{M_{с.с.}}, \quad (5.2)$$

де: M_{mp2} - момент тертя рульового механізму, приведений до валу сошки, Нм;

$M_{с.с.}$ - момент на валу сошки, підведений від керованих коліс, Нм.



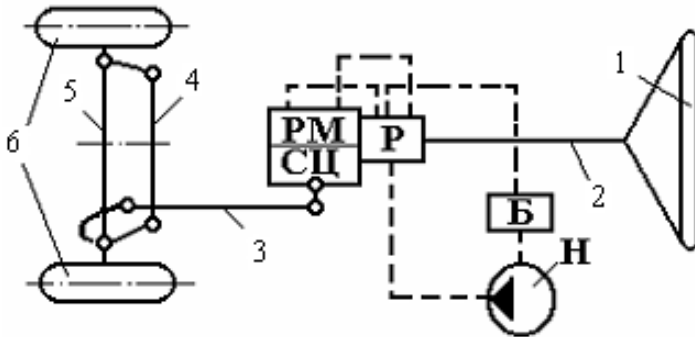
1 - трубопровід високого тиску, 2 - трубопровід низького тиску, 3 - насос,
 4 - рульова колонка, 5 - рульове колесо, 6 - міст, 7 - поперечна рульова тяга,
 8 - рульовий палець, 9 - поворотний важіль, 10 - продовжна тяга, 11 - рульовий
 механізм, 12 - шток силового циліндра, 13 - силового циліндра, 14 - корпус
 силового циліндра, 15 - розподільник підсилювача

Рисунок 5.3 - Схема рульового керування вантажного автомобіля сімейства МАЗ

До рульового приводу пред'являють наступні вимоги:

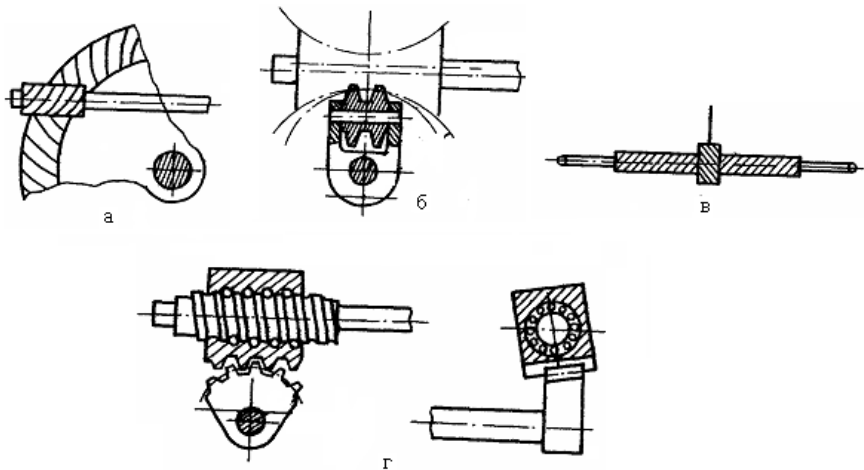
- правильне співвідношення кутів повороту коліс;
- відсутність автоколивань керованих коліс;
- відсутність мимовільного повороту коліс при коливаннях автомобіля на підвісці.

Рульовий привід включає рульову трапецію, важелі і тягу, що пов'язують рульовий механізм з рульовою трапецією.



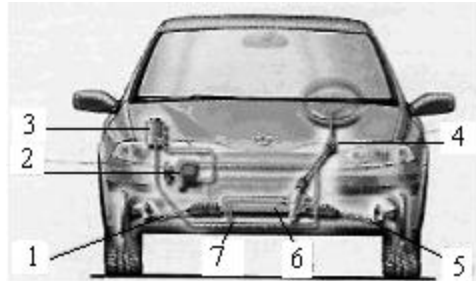
1 - рульове колесо, 2 - рульова колонка, 3 - продовжна рульова тяга, 4 - поперечна рульова тяга, 5 - міст (вісь), 6 - керовані колеса; СЦ - силовий циліндр, РМ - рульовий механізм, Р - розподільник, Н - насос, Б - масляний бачок

Рисунок 5.4 - Схема рульового керування неповнопривідного автомобіля сімейства ЗІЛ

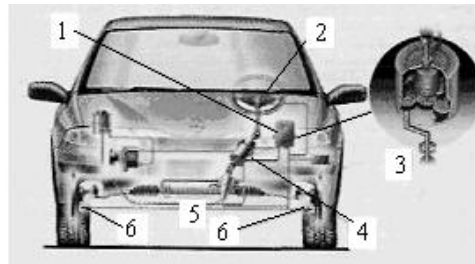


а - черв'як і бічний сектор, б - глободний черв'як і ролик, в - рейка і шестерня, г - гвинт-гайка-рейка-сектор

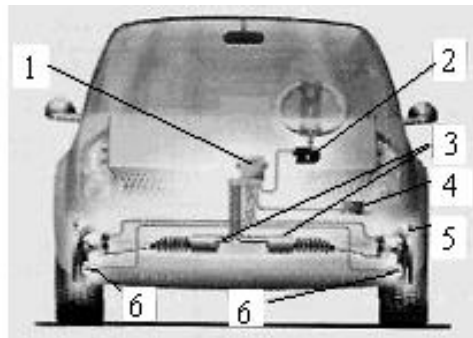
Рисунок 5.5 - Схеми рульових механізмів



а



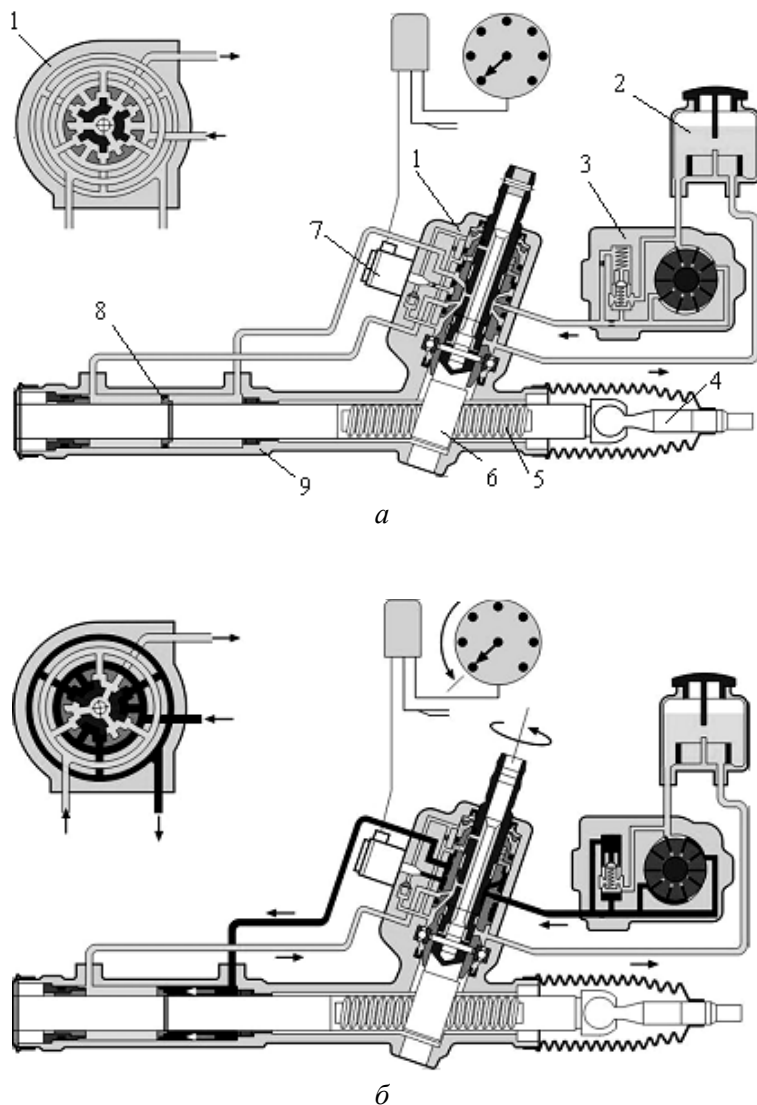
б



в

а - з підсилювачем: 1 - рульова тяга, 2 - насос гідро підсилювача, 3 - бачок, 4 - рульова колонка, 5 - рульова тяга, 6 - рейка, 7 - гідравлічний контур; *б* - з активним управлінням: 1 - блок управління, 2 - датчик повороту руля, 3 - датчик бокових прискорень, 4 - планетарний модуль, 5 - датчик положення коліс, 6 - датчик швидкості коліс; *в* - управління по проводам: 1 - блок управління, 2 - датчик повороту руля, 3 - виконавчі механізми (акуратори), 4 - датчик бокових прискорень, 5 - датчик кута повороту коліс, 6 - датчик швидкості коліс

Рисунок 5.6 - Компонівка елементів рульового управління легкових автомобілів



a - нейтральне положення; *б* - при повороті направо: 1 - розподільник, 2 - бочок насосу гідروпідсилювача, 3 - насос, 4 - рульова тяга, 5 - рейка, 6 - шестерня, 7 - магнітний клапан сервотроніка, 8 - поршень силового циліндра, 9 - корпус рульового механізму

Рисунок 5.7 - Робота рульового механізму автомобіля Audi A8

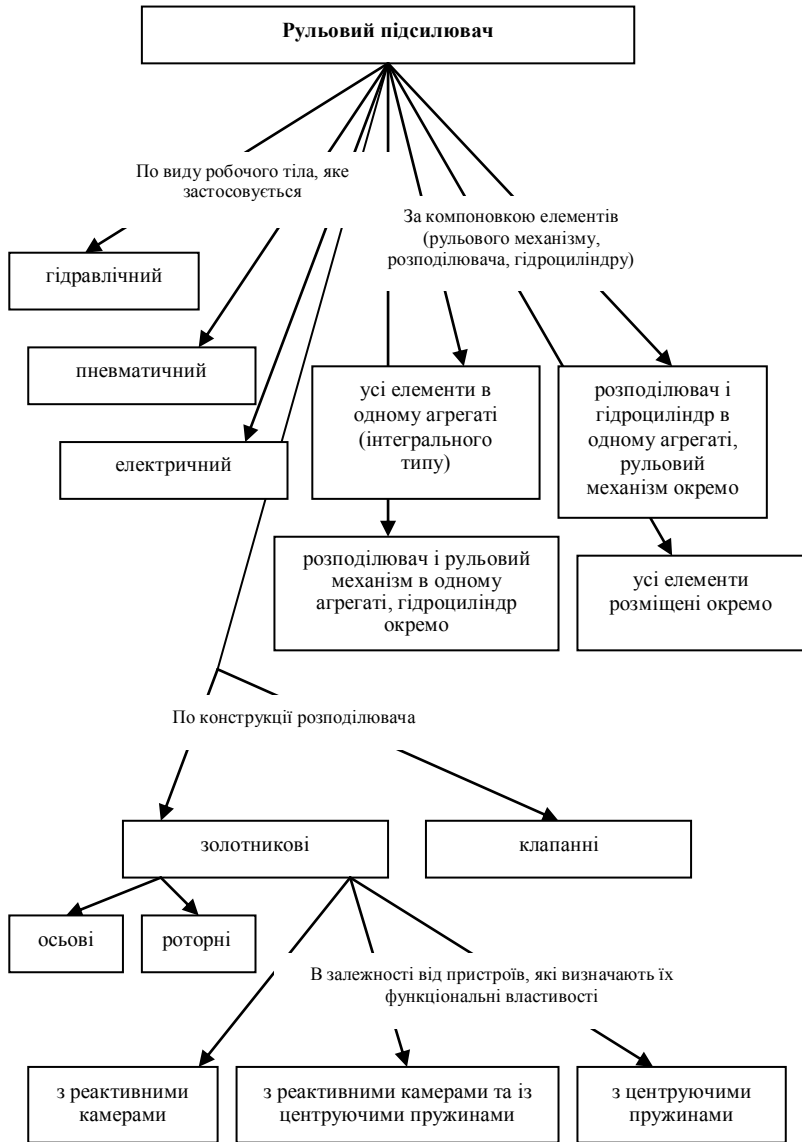
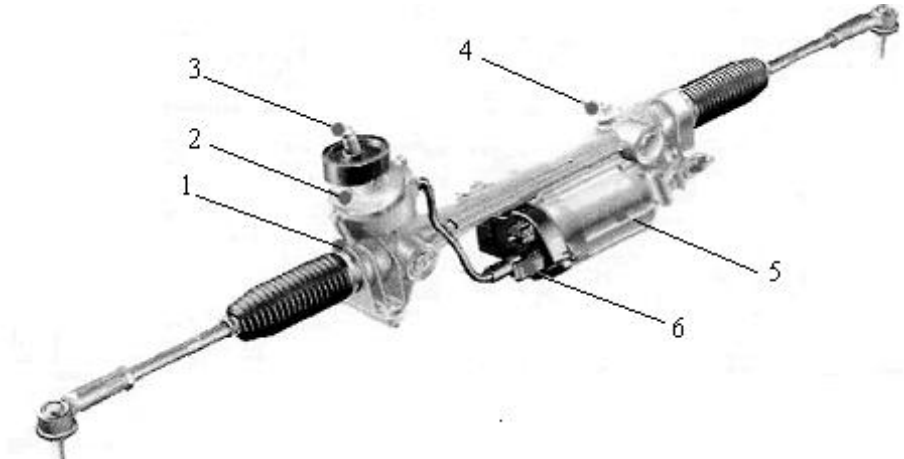


Рисунок 5.8 - Класифікація рульових підсилювачів



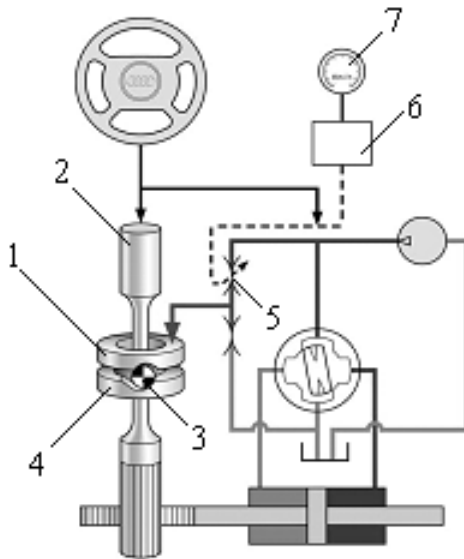
1 - рульова рейка, 2 - датчик повороту руля, 3 - вхідний вал, 4 - корпус підсилювач, 5 - електромотор підсилювача, 6 - роз'єм блоку управління

Рисунок 5.9 - Компонування електрогідравлічного підсилювача рульового керування автомобіля «Фольцваген»

Принцип роботи активного гідропідсилювача

Над направляючою муфтою розташований поршень зворотної дії 1. Він сполучений із золотником і таким чином з торсіоном 2. За допомогою шарових опор 3 поршень 1 спирається на центруючий елемент 4, якій з'єднаний з управляючою муфтою. Якщо рульове колесо не приводиться в рух, шарові опори знаходяться в сферичній чаші. У простір над зворотним поршнем подається масло. Залежно від тиску масла змінюється дія сил поворотного поршня на шарові опори, а отже, і на направляючу муфту. Чим більше тиск масла, тим більше момент, що створюється водієм на рульовому колесі.

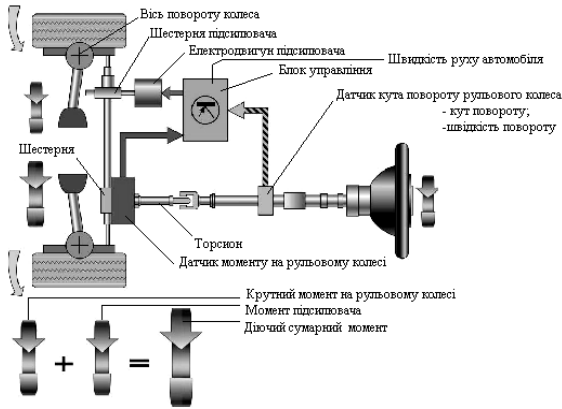
Виконавським органом управління є магнітний клапан Servotronic 5. Управління клапаном проводиться за допомогою блоку управління 6 від бортової мережі. Вхідним сигналом для блоку управління є сигнал швидкості, що посиляється блоком управління 7 ESP. Чим більше діаметр отвору при відкритті клапана 5, тим менше падіння тиску на клапані і більше в камері над поворотним поршнем.



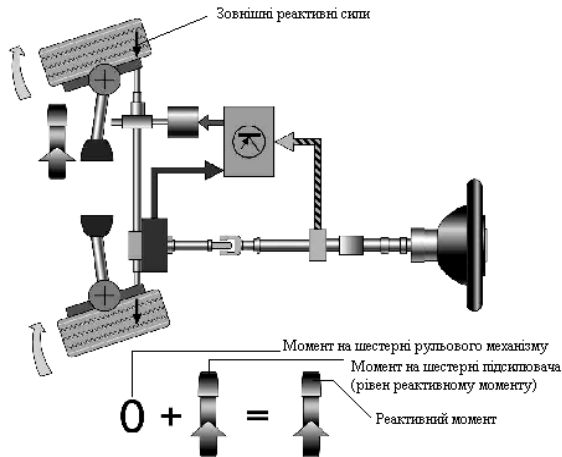
1 - поршень зворотної дії, 2 - торси он, 3 - шарова опора,
4 - центруючий елемент, 5 - клапан, 6, 7 - блоки управління
Рисунок 5.10 - Схема роботи активного гідропідсилювача

Принцип дії електромеханічного підсилювача

Водій повертає рульове колесо, прикладаючи до нього певний крутний момент. Під дією цього моменту закручується торсіон. Датчик моменту вимірює величину його закручування і направляє відповідний сигнал на вхід блоку управління. При цьому з датчика поступають сигнали, відповідні моментальному куту повороту рульового колеса і швидкості його повороту. Блок управління розраховує крутний момент, який повинен розвивати двигун підсилювача залежно від моменту на рульовому колесі, швидкості автомобіля, частоти обертання валу двигуна, кута і швидкості повороту рульового валу, а також з урахуванням записаних в його пам'яті характеристик. Розрахована таким чином величина служить для управління електродвигуном підсилювача. Переміщення рейки рульового механізму відбувається під дією сумарного зусилля, що створюється як в результаті перетворення крутного моменту на рульовому колесі, так і моменту електродвигуна підсилювача.



а

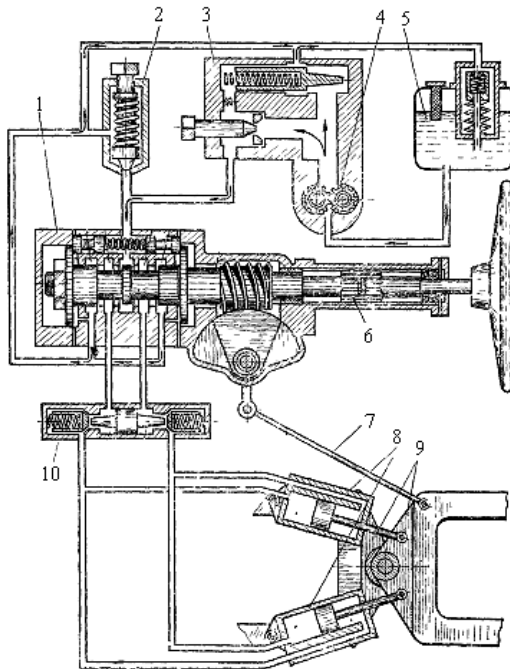


б

а - при дії на рульове колесо, б - при зупиненні дії на рульове колесо
Рисунок 5.11 - Схема роботи рульового керування з електромеханічним підсилювачем автомобіля Audi A3

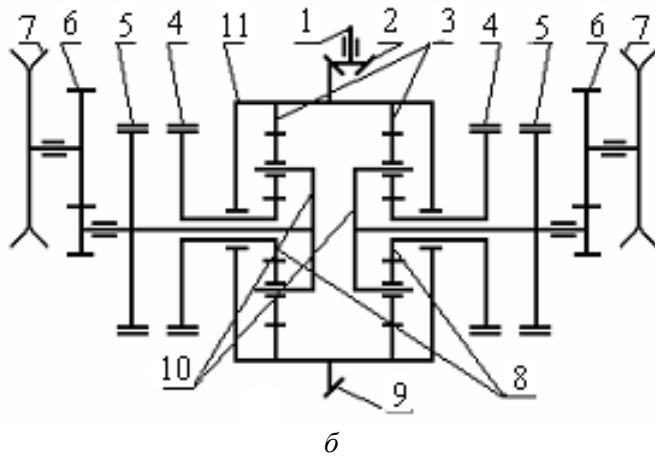
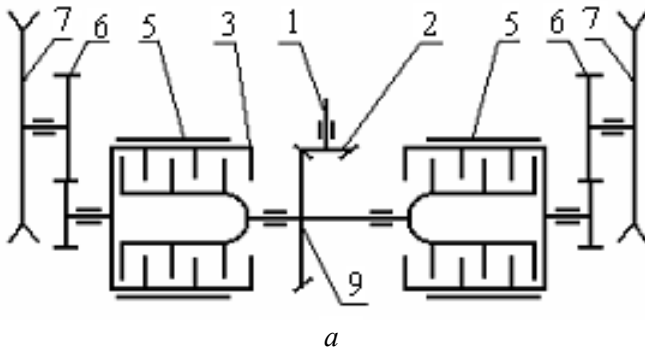
Якщо водій перестав обертати рульове колесо або відпустив його, торсіон повністю розкручується. При цьому момент на шестерні рульового механізму знижується до нуля. Зважаючи на визначену геометрію підвіски при повороті коліс виникають реактивні зусилля, які прагнуть повернути їх в початкове положення. Зазвичай ці сили настільки малі, що не можуть подолати сили тертя в механізмах

рульового управління і повернути колеса в середнє положення. Ця ситуація розпізнається блоком управління по сигналу датчика кута повороту рульового валу. Блок управління розраховує крутний момент, який повинен розвивати двигун підсилювача для повороту коліс автомобіля в середнє положення. Величина цього моменту залежить від моменту на рульовому колесі, швидкості автомобіля, частоти обертання валу двигуна, кута і швидкості повороту рульового валу. Визначається з урахуванням записаних в пам'яті блоку управління характеристик. В результаті включається двигун підсилювача, який повертає колеса автомобіля в середнє положення. При цьому максимальний момент на шестерні підсилювача обмежується величиною 25 Нм.



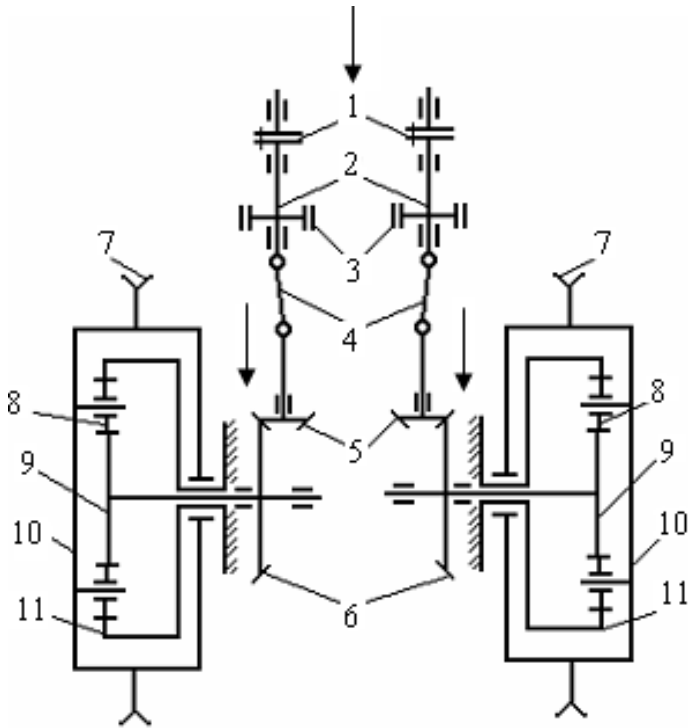
- 1 - розподільник із редуктором, 2 - клапан захисний, 3 - регулятор витрати,
 4 - масляний насос, 5 - масляний бак, 6 - рульова колонка, 7 - слідкуючий пристрій,
 8 - гідроциліндри повороту, 9 - напіврами трактора, 10 - коробка запірних клапанів

Рисунок 5.12 - Принципова схема гідравлічної системи керування поворотом трактора



a - з фрикційними муфтами керування: 1 - вал ведучої шестерні центральної передачі, 2 - ведена шестерня центральної передачі, 3 - ведені диски фрикціону, 5 - гальмо; *б* - з циліндричним планетарним механізмом: 1 - вал ведучої шестерні центральної передачі, 2 - ведена шестерня центральної передачі, 3 - вінець коронної шестерні, 4 - гальмо сонячної шестерні, 5 - гальмо водила, 6 - ведена шестерня кінцевої передачі, 7 - ведуча зірочка (колесо), 8 - сонячні шестерні планетарних рядів; 9 - ведена шестерня центральної передачі; 10 - водила планетарних рядів

Рисунок 5.13 - Механізми повороту гусеничних машин

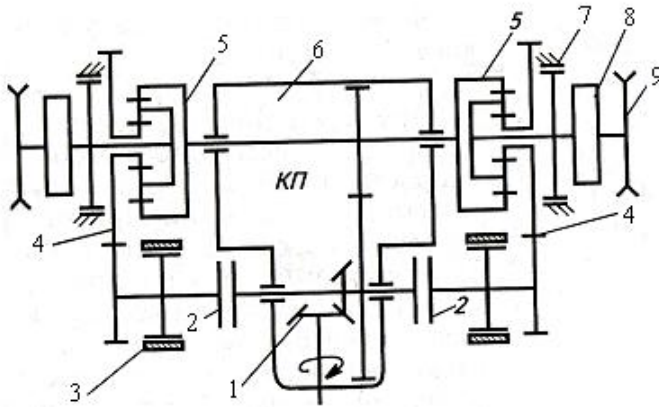


- 1 - фрагмент коробки передач, 2 - вихідні вали, 3 - гальма, 4 - карданні передачі,
 5 - ведучі шестерні центральної передачі, 6 - ведені шестерні центральної передачі,
 7 - ведучі зірочки (колесо), 8 - сателіти, 9 - сонячні шестерні, 10 - водила,
 11 - епциклічні шестерні

Рисунок 5.14 - Механізм повороту трактора з двома потоками потужності

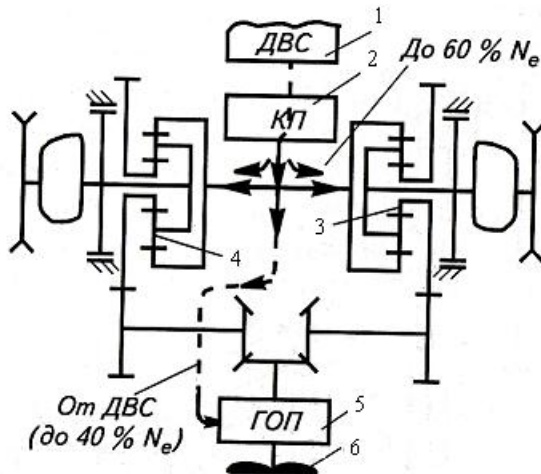
Про диференціальні механізми повороту гусеничних машин з подвійним потоком потужності

Основне призначення подвійного потоку полягає в тому (рис. 5.12, 5.13), щоб в кожному з подвійних потоків передбачити можливість змінювати передавальне число кінематичне, незалежно (по бортах) або зв'язано, ступінчасте або безступінчасте. Це дозволяє здійснювати поворот машини чималою для експлуатації кількістю фіксованих або довільних (по вибору) радіусів при активном участі в тяговому процесі обох гусениць.



1 - центральна передача, 2 - лівий і правий блокувальні фрикціони, поворотні гальма,
4 - пара шестерень, 5 - епіциклічна шестерня, 6 - коробка передач, 7 - гальмо останова,
8 - бортовий редуктор, 9 - ведуче колесо

Рисунок 5.15 - Кінематична схема двопотокового механізму повороту машини
МТ-ЛБ (багатоцільовий тягач легкий броньований)



1 - ДВЗ, 2 - коробка передач, 3 - сонячна шестерня, 4 - сателіти,
5 - гідрооб'ємна передача, 6 - штурвал

Рисунок 5. 16 - Кінематична схема диференційного механізму повороту
у поєднанні з гідрооб'ємною передачею

У механізмі повороту (рис. 5.12) об'єднані функції коробки передач і механізму повороту. *Перший*, регульований по величині і напрямку потік потужності, передається від головної передачі 1 на коробку передач 6 і на вали епіциклічних зубчатих передач 5 планетарних редукторів, кутова швидкість обертання яких однакова і залежить від включеної передачі. *Другий* потік потужності передається блокувальними фрикціонами 2 при відпущених поворотних гальмах 3. При цьому через пару шестерень 4 потужність передається на сонячні зубчаті колеса планетарного редуктора, де обидва потоки «об'єднуються» в єдиний потік, який з водила передається на ведуче колесо 9 через бортовий редуктор 8.

При прямолінійному русі потужність однакової величини на кожен борт передається через обидва потоки. Робота обох гусениць (лівої і правої) синхронна, вона визначається режимом роботи двигуна і включеною передачею.

При повороті вимикають блокувальний фрикціон 2 і затягують (включають) гальмо 3 відстаючих гусениць. При цьому сонячне колесо планетарного редуктора зупиняється, а епіциклічне обкатує сателіти по нерухомому сонячному колесу, захоплюючи водило. Окружна швидкість водила менше окружної швидкості епіциклу, тому планетарний редуктор знижує швидкість.

При зміні передачі, на якій здійснюється поворот, швидкості на обох бортах змінюватимуться синхронно.

Якщо поворот на всіх передачах здійснюють за умови, що фрикціон 2 роз'єднаний, а гальмо зтягнуте повністю, то машина буде повертатися з фіксованими радіусами, кожний з яких відповідає своїй передачі.

Поворот можна виконати при буксуючому фрикціоні 2 або неповністю зтягнутому гальмі, тоді швидкість водила буде визначатися векторною сумою швидкостей сонячного колеса і сателіта.

Поворот машини навколо своєї геометричної осі відбувається при вимкненій коробці передач. В цьому випадку фрикціон 2 відключений, а гальмо 3 зтягнуте на одному з бортів. Рух на відключений борт з активного борту передається через вал, що жорстко з'єднує редуктори 5.

На рис. 5.13 на відміну від рис. 5.12 використана гідрооб'ємна передача 5 в приводі диференціала, що дозволяє змінювати швидкості

обертання в другій гілці безступінчасте. Тому відпадає необхідність застосування фрикціонів і поворотних гальм. Встановлюються тільки зупинні гальма.

Способи повороту колісного трактора

Поворотний момент необхідний для зміни напрямку руху колісного трактора, створюється за рахунок:

- бічних реакцій ґрунту чи направляючих коліс, що виникають при повороті;

- зміни співвідношення крутних моментів на ведучих колесах;

- поєднання приведених вище способів.

Поворот направляючих коліс здійснюється двома способами:

- поворотом всієї осі зі встановленими на ній колесами;

- поворотом тільки направляючих коліс при нерухомій осі.

Широкого поширення на тракторах набули черв'ячні механізми, виконані в різних варіантах:

- черв'як і радіальний сектор (рис. 5.12);

- черв'як і боковий сектор;

- черв'як і ролик.

5.2 Завдання

У відповідності зі змістом та інформацією, викладеними вище, оформити звіт у наступній послідовності.

5.2.1 Назва лабораторної роботи.

5.2.2 Питання, які були розглянуті та засвоєні під час лабораторної роботи (не менше трьох). Питання формулювати конкретно, в пропонованих межах.

5.2.3 Наочні посібники, які були використані при розгляді питань.

5.2.4 Письмово викласти у робочих зошитах відповіді на контрольні запитання. При необхідності накреслите схему для пояснення відповіді. Для отримання оцінки «задовільно» потрібно дати відповіді на питання не менш трьох, «добре» - чотирьох, «відмінно» - п'яти.

Контрольні запитання

1. За якими ознаками класифікують рульові керування автомобілів? Наведіть приклади.
2. Які вимоги висуваються до рульових керувань автомобілів?
3. Якими параметрами визначається прямий та зворотній ККД рульового механізму?
4. Що розуміється під рульовою парою, що вона визначає? Наведіть приклади в конструкціях вантажних автомобілів.
5. Яка послідовність передачі руху в рульовому керуванні у прямому напрямку, де змінюється напрям руху та його вид (лінійні переміщення, обертаючі рухи)?
6. Поясніть послідовність передачі руху від рульового колеса до напіврам на рис. 5.12.
7. Поясніть, за рахунок чого здійснюється поворот гусеничних машин, кінематичні схеми яких приведені на рис. 5.13, 5.14?
8. Поясніть, за рахунок чого змінюється кутова швидкість руху гусеничних машин, кінематичні схеми яких приведені на рис. 5.15, 5.16?
9. Поясніть принцип дії електромеханічного підсилювача.
10. Поясніть принцип дії гідравлічного підсилювача.

5.3 Домашнє завдання

У відповідності з варіантом завдання, до продовження попереднього домашнього завдання, для визначеної марки автомобіля, трактора письмово викласти наступне.

- виписати основні дані по рульовому керуванні автомобіля (трактора) згідно варіанту завдання: тип рульового механізму і його передаточне число;
- мінімальний радіус повороту автомобіля (трактора);
- максимальні кути повороту керованих коліс;
- тип підсилювача рульового керування;
- сорт масла, що застосовується в підсилювачі.

Накресліть принципові схеми рульового керування і рульового механізму (приклад наведено на рис. 5.5).

Література: [1], с. 278-292; [2], с. 194-198; [3], с. 164-187; [4], с. 345-353; [5], с. 183-208;

6 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА АВТОМОБІЛЯ. МЕХАНІЗМИ, ПІДСИЛЮВАЧІ, ПРИВОДИ

Мета роботи - вивчити вимоги, які висуваються до гальмівної системи автомобілів, ознаки класифікації гальмівних механізмів. Ознайомитися з конструктивним виконанням деяких механізмів на макетах та розрізних агрегатах.

Наочні посібники:

- технічний опис, плакати, альбоми по конструкції автомобілів (КАМАЗ; ГАЗ-66; ЗІЛ-130; МАЗ-500);
- макет натурних елементів трансмісії повнопривідного легкового автомобіля ГАЗ з елементами гальмівних механізмів; макет натурних елементів конструкції легкового автомобіля РЕНО; стенд «Елементи пневматичної гальмівної системи»; стенд для визначення гальмівних моментів; передній та задній мости автомобіля ГАЗ-24; передній міст автомобіля ЗІЛ-131; передній та задній мости автомобіля ВАЗ-2106; задні мости автомобілів ГАЗ-66 та МАЗ-500;
- гальмівний кран;
- гальмівні циліндри.

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Вимоги, які висуваються до гальмівних систем автомобілів.
2. Класифікація гальмівних механізмів.
3. Загальна будова, взаємодія між елементами конструкції барабанного гальмівного механізму.
4. Загальна будова, взаємодія між елементами конструкції дискового гальмівного механізму.
5. Загальні відомості про АБС, схеми компонування елементів конструкції.
6. Схеми гальмівних гідравлічних приводів легкових автомобілів.
7. Схеми гальмівних пневматичних приводів вантажних автомобілів, елементи конструкції: компресор, гальмівний кран, гальмівна камера.

8. Загальна будова, принцип дії вакуумного підсилювача гідравлічного приводу гальмівних механізмів.

6.1 Основні теоретичні положення щодо розуміння змісту навчальних питань

До гальмівних систем автомобілів пред'являються наступні вимоги:

- мінімальний гальмівний шлях або максимальне стале сповільнення відповідно до вимог ГОСТ 22895-77;
- збереження стійкості при гальмуванні (критеріями стійкості є лінійне відхилення, кутове відхилення, кут складання автопоїзда);
- стабільність гальмівних властивостей при неодноразових гальмуваннях;
- мінімальний час спрацювання гальмівного приводу;
- силова сліdkуюча дія гальмівного приводу, тобто пропорційність між зусиллям на педалі і привідним моментом;
- мала робота управління гальмівними системами - зусилля на гальмівній педалі залежно від призначення автотранспортного засобу повинне лежати в межах 500-700 Н (нижча межа для легкових автомобілів), хід гальмівної педалі 80-180 мм;
- відсутність органолептичних явищ (слухових, нюхових);
- надійність всіх елементів гальмівних систем;
- основні елементи повинні мати гарантовану міцність, не повинні виходити з ладу на протязі гарантованого ресурсу, повинна бути також передбачена сигналізація, що оповіщає водія про несправність гальмівної системи.

Відповідно до ГОСТ 22895-77 гальмівне управління повинне включати наступні гальмівні системи:

- робочу;
- запасну;
- стоянкову;
- допоміжну (гальмо-сповільнювач), обов'язкову для автобусів повною масою понад 5 т і вантажних автомобілів повною масою понад 12 т, призначену для гальмування на тривалих спусках, вона повинна підтримувати швидкість 30 км/г на спуску з ухилом 7% протяжністю 6 км.

Примусове уповільнення автомобіля може здійснюватися різними способами: механічним (фрикційним), гідравлічним, електричним, внеколісним гальмуванням.

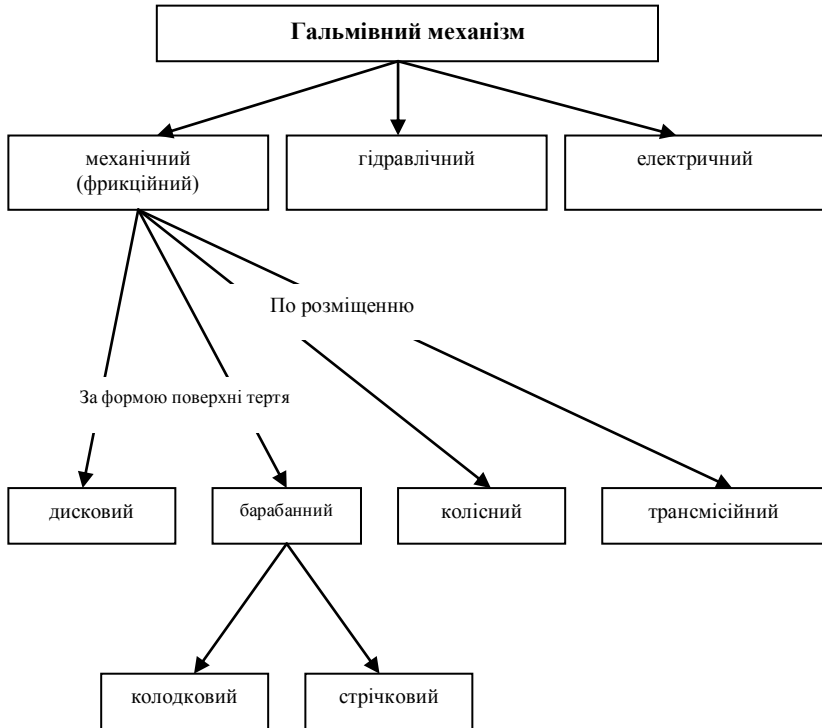


Рисунок 6.1 - Класифікація гальмівних механізмів

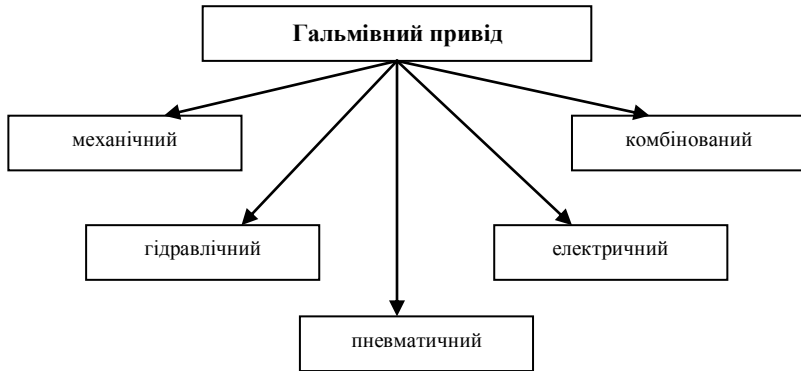
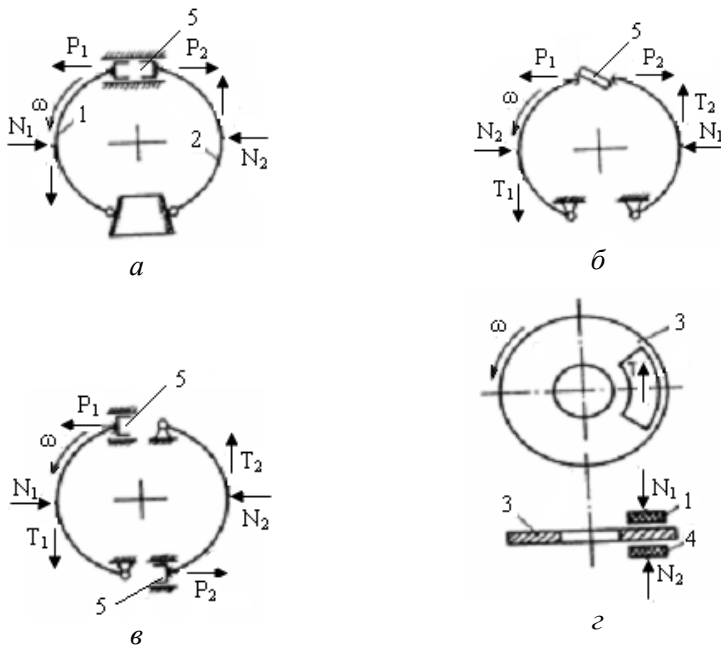


Рисунок 6.2 - Класифікація гальмівних приводів



а, б - гальмовий механізм з рівними привідними силами та однобічним розташуванням опор; в - гальмовий механізм з рівними привідними силами та рознесеними опорами; г - гальмовий механізм дисковий; 1, 2 - гальмівні колодки, 3 - гальмівний диск, 5 - розтискний пристрій; Т - гальмівна сила; Р - розтискна сила; N – притискна сила

Рисунок 6.3 - Схеми колісних гальмових механізмів

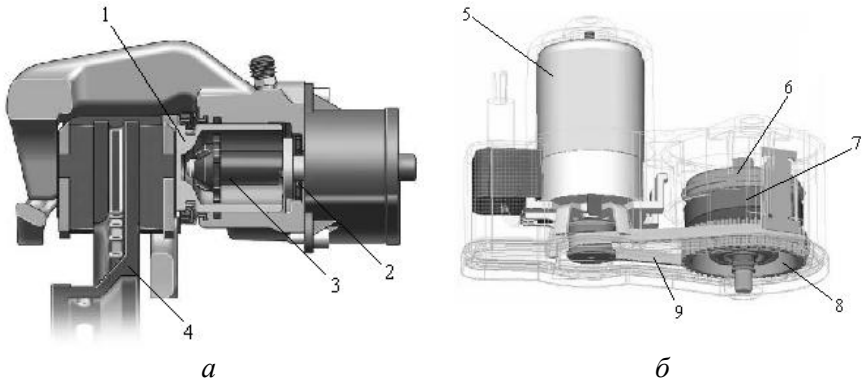
Коефіцієнт гальмівної ефективності гальмівного механізму визначається:

$$K_{\text{эф.}} = \frac{M_{\text{гальм.}}}{\sum Pr_{\text{тер.}}}, \quad (6.1)$$

де: $M_{\text{тор}}$ - гальмівний момент, Нм;

$\sum P$ - сума привідних сил, Н;

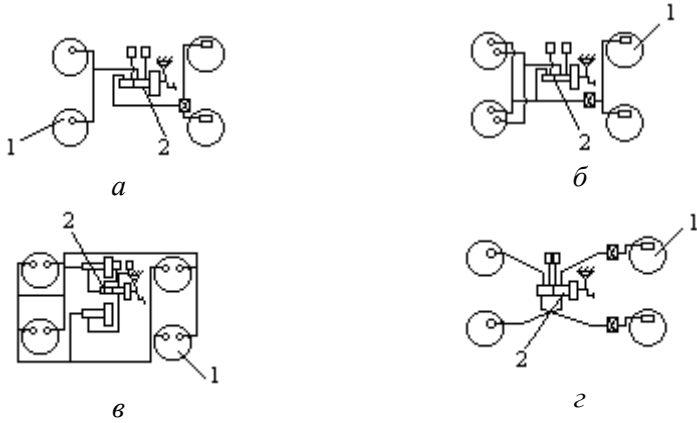
$r_{\text{тр}}$ - радіус прикладення результуючої сили тертя (в барабанних гальмівних механізмах - радіус барабана, в дискових - середній радіус накладки).



a - гальмівний механізм, *б* - елементи приводу;

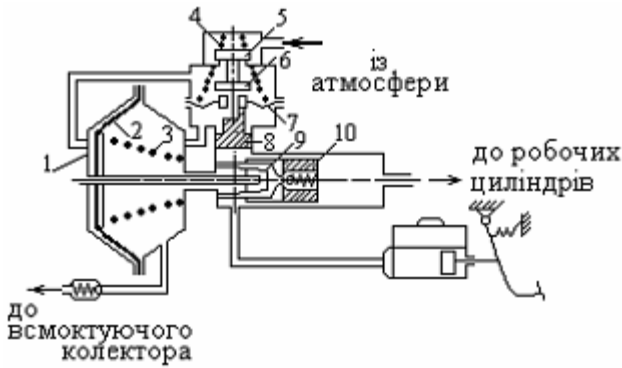
1 - поршень, 2 - ходовий гвинт, 3 - циліндр, 4 – диск, 5 - електродвигун постійного струму, 6 - ведена шестерня, 7 - шестерня, що гойдається, 8 - зубчастий шків на веденому валу, 9 - зубчастий ремінь

Рисунок 6.4 - Елементи стоянкової гальмівної системи Audi з електроприводом



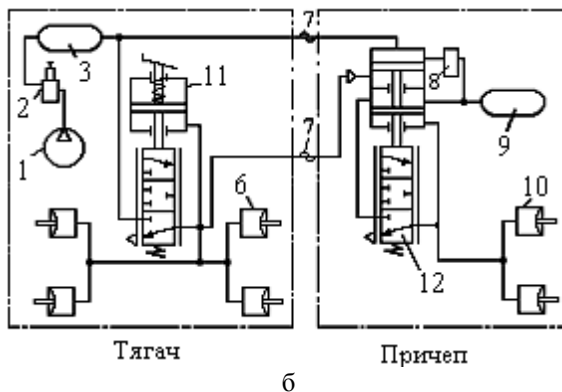
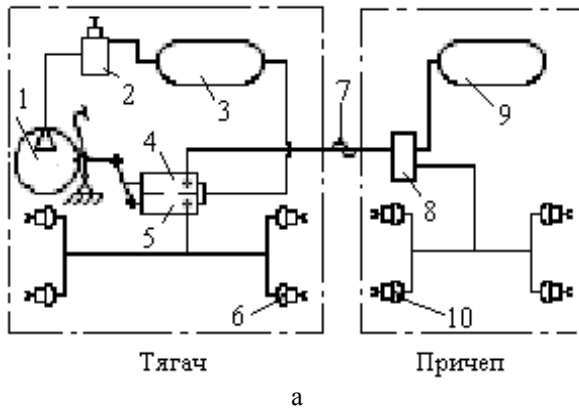
а - розподілений, б - здубльований на передні колеса,
в - здубльований на передні і задні колеса, г - діагональний;
1 - гальмівний механізм, 2 - головний гальмівний циліндр

Рисунок 6.5 - Схема двоконтурних гальмових гідроприводів із головними циліндрами типу "тандем" і вакуумними підсилювачами та регуляторами гальмівних сил задніх коліс



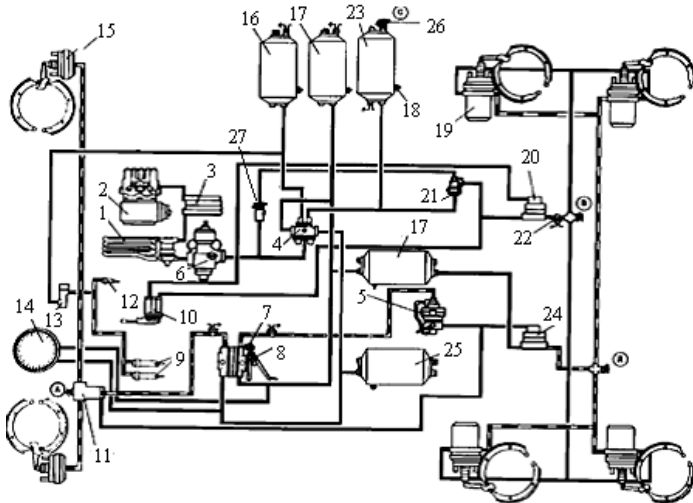
1 - мембранна камера, 2 - мембрана, 3, 4 - пружини, 5 - атмосферний клапан,
6 - вакуумний клапан, 7 - мембрана слідкуючого пристрою, 8 - поршень,
9 - пластина, 10 - поршень гідралічного циліндра

Рисунок 6.6 - Схема роботи гідровакуумного підсилювача гідроприводу з мембранним слідкуючим пристроєм



а - однопроводный привод прицепа, б - двухпроводный привод прицепа;
 1 - компрессор, 2 - регулятор тиску, 3 - ресивер тягача,
 4, 5 - секції комбінованого гальмівного крана, 6 - гальмівні камери тягача,
 7 - з'єднувальна головка, 8 - повітря розподільувач, 9 - ресивер причепа,
 10 - гальмівні камери причепа, 11 - гальмівний кран тягача,
 12 - гальмівний кран причепа

Рисунок 6.7 - Пневматичні гальмові приводи автопотягів



1 - водовіддільник, 2 - компресор, 3 - охолоджувач, 4 - чотирьохконтурний захисний клапан, 5 - автоматичний регулятор гальмівних сил, 6 - регулятор тиску, 7 - вимикач сигналу гальмування, 8 - гальмівний кран, 9 - пневмоциліндри приводу заслінки механізму допоміжної гальмівної системи, 10 - кран управління гальмівною системою стоянки, 11 - пропорційний клапан, 12 - пневмоциліндр приводу важеля останову двигуна, 13 - кран управління допоміжною гальмівною системою, 14 - манометр, 15 - гальмівні камери типу 30/30, 16 - ресивер контура, 17 - ресивери контури, 18 - кран зливу конденсату, 19 - гальмівні камери типу 20/20, 20, 24 - прискорювальні клапани, 21 - двомагістральний перепускний клапан, 26 - вимикач контрольної лампи стоянкової гальмівної системи, 23, 25 - ресивер контуру передніх гальмівних механізмів, 26 - вимикач контрольної лампи падіння тиску повітря в контурі, 27 - кран екстреного розгальмовування

Рисунок 6.8 - Схема пневматичного приводу гальмівних механізмів автомобілів

КамАЗ-53229,-65115,-54115,-43253

Загальні відомості про регулятори гальмівних сил

Регулятори гальмівних сил встановлюються в автомобілях з гальмівним як гідро-, так і пневмоприводом. Основне призначення регулятора - обмеження гальмівних сил на задніх колесах для запобігання їх юза і можливого занесення автомобіля.

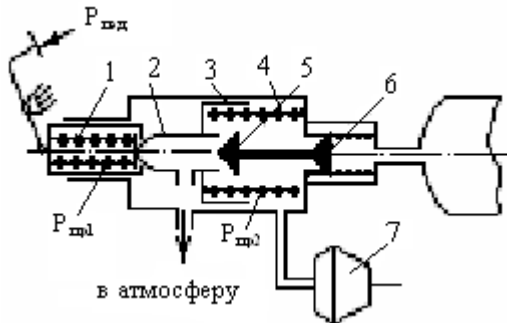
Оптимальний розподіл гальмівних сил між передніми і задніми колесами, що забезпечує мінімальний гальмівний шлях (максимальну ефективність), виходить при максимально можливих за умовами зчеплення гальмівних силах на колесах. Необхідність регулювання

гальмівних сил виникає зважаючи на перегальмування задніх коліс, особливо для ненавантаженого автомобіля, що може привести до його занесення.

Існуючі регулятори гальмівних сил діляться на дві групи - статичні і динамічні.

Статичні регулятори обмежують тиск в тій гілці гальмівного приводу, де встановлений регулятор, тільки залежно від командного тиску, тобто від тиску, що створюється натисненням на гальмівну педаль.

Динамічні регулятори обмежують тиск в гальмівному приводі в залежності як від командного тиску, так і від зміни навантаження на задні колеса.



1, 4 - пружини, 2 - шток з порожниною, 3 - сидло клапана, 5 - атмосферний клапан, 6 - клапан стисненого повітря, 7 - гальмівна камера

Рисунок 6.9 - Схема роботи гальмівного крана прямої дії

Загальні відомості про АБС (антиблокувальна система)

Застосування регулятора гальмівних сил на автомобілі пов'язане з деякою втратою гальмівної ефективності (на 10-15%), оскільки запобігання обертання юза задніх коліс досягається їх недогальмуванням. Подальшим розвитком засобів поліпшення гальмівної динаміки є антиблокувальні системи (АБС).

Призначення АБС - забезпечення оптимальної гальмівної ефективності (мінімального гальмівного шляху) при збереженні стійкості і керованості автомобіля. Основним завданням АБС є підтримка в процесі гальмування відносного ковзання коліс у вузьких межах поблизу $S_{кр}$ (S - відносне ковзання). В цьому випадку

забезпечуються оптимальні характеристики гальмування. Для цієї мети необхідно автоматично регулювати в процесі гальмування гальмівний момент, що підводиться до коліс. Відносне ковзання визначається з виразу:

$$S = \frac{V - \omega_{m.k.} \cdot r_0}{V}, \quad (6.1)$$

де: V - швидкість автомобіля, м/с;

$\omega_{m.k.}$ - кутова швидкість колеса, яке гальмує, рад/с;

r_0 - вільний радіус колеса, м.

Незалежно від конструкції, будь-яка АБС повинна включати наступні елементи:

- *датчики*, функцією яких є видача інформації, в залежності від прийнятої системи регулювання, про кутову швидкість колеса, тиск робочого тіла в гальмівному приводі, уповільненні автомобіля і др.;

- *блок управління*, зазвичай електронний, куди поступає інформація від датчиків, який після логічної обробки інформації, що поступила, дає команду виконавчим механізмам;

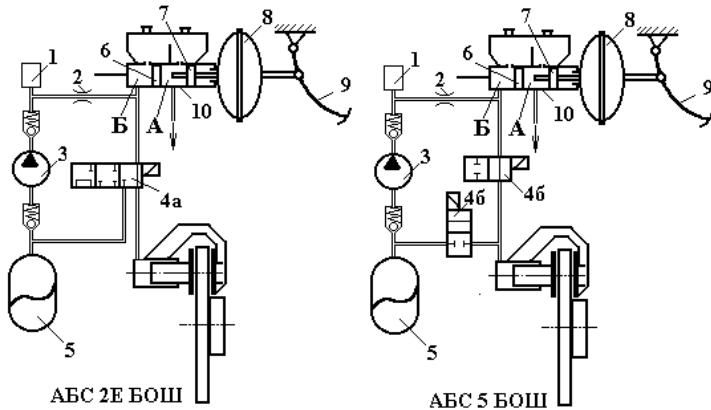
- *виконавчі механізми* (модулятори тиску), які в залежності від команди, що поступила з блоку управління, знижують, підвищують або утримують на постійному рівні тиск в гальмівному приводі.

Важливою властивістю АБС повинна бути її здатність пристосовуватися до зміни умов гальмування (адаптивність) і, в першу чергу, до зміни коефіцієнта зчеплення в процес гальмування.

Розроблено велике число принципів, по яких працюють АБС (алгоритмів функціонування). Вони відрізняються по складності, вартості реалізації і по ступеню задоволення поставленим вимогам. Серед них найбільш широке застосування отримав алгоритм функціонування по уповільненню гальмуючого колеса. Також розрізняють алгоритм функціонування по гальмівному моменту, по швидкості руху автомобіля.

Процес роботи АБС може проходити по дво- або трифазному циклу. При двофазовому циклі: перша фаза - наростання тиску, друга фаза - скидання тиску. При трифазному циклі: перша фаза - наростання тиску; друга фаза - скидання тиску; третя фаза - підтримка

тиску на постійному рівні. В алгоритмі по уповільненню застосований трифазний цикл, гідністю якого вважається менша витрата робочого тіла, але сам модулятор виходить складнішим, ніж при двофазовому циклі.



1 - демпфіруюча камера, 2 - дросель, 3 - зворотний насос, 4а - трьохпозиційний гідро розподільвач, 4б - двофазний розподільвач, 5 - накопичувальна камера, 6, 7 - поршні головного циліндра, 8 - вакуумний підсилювач, 9 - педаль, 10 - головний циліндр

Рисунок 6.10 - Схеми гальмівних контурів АБС різних версій фірми BOSH для легкових автомобілів

Контрольні запитання

1. Приведіть вимоги, які висуваються до гальмівної системи.
2. За якими ознаками класифікують гальмівні механізми? Наведіть приклади застосування.
3. Що розуміється під коефіцієнтом гальмівної ефективності?
4. Які розрізняють схеми гальмівних механізмів, у чому полягає їх відмінність?
5. Наведіть основні елементи конструкції, які входять до пневматичного гальмівного приводу авто потягів. Яке їх призначення?
6. Наведіть основні елементи конструкції, які входять до гідравлічного гальмівного приводу легкових автомобілів. Яке їх призначення?

7. З яких основних елементів складається АБС та яке їх призначення?

8. Яке призначення регулятора гальмівних сил, у чому полягає відмінність між статичними та динамічними регуляторами?

9. У чому полягає принцип дії вакуумного підсилювача гідравлічного приводу гальм?

6.2 Домашнє завдання

У відповідності з варіантом завдання, до продовження попереднього домашнього завдання, для визначеної марки автомобіля (трактора) письмово викласти наступне.

Виписати основні дані по гальмівній системі автомобіля (трактора) згідно з варіантом завдання: тип приводу гальмової системи; схема приводу гальмівних механізмів коліс; тип гальмових механізмів передніх і задніх коліс; робочий тиск в приводі гальмової системи; матеріали гальмового барабана (диска) і фрикційної накладки; марку гальмової рідини; тип і місце розміщення стоянкового гальма. Накресліть принципові схеми гальмової системи і колісного гальмового механізму (приклад наведено на рис. 6.3, 6.5, 6.7, 6.8).

Література: [1], с. 293-350; [2], с. 230-233; [3], с. 194-211, с. 229-235; [5], с. 215-239.

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайловский Е. В. Устройство автомобиля: Учебник /Е. В. Михайловский, К. Б. Серебряков, Е. Я. Тур // 6-е изд. М. : Машиностроение, 1987. 352 с.

2. Головчук А. Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Кн.1: Трактори. Підручник: У 3 кн. /А. Ф. Головчук, В. Ф. Орлов, О. П. Строков // К. : Грамота, 2003. 336 с.

3. Осепчугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета. М. : Машиностроение, 1989. 302 с.

4. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. М. : КолосС, 2004. 504 с.

5. Особливості конструкції машин з двигунами внутрішнього згорання / Навчальний посібник [Кубіч В. І., Слинько Г. І.]. Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. 246 с.