

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни
«Ходова частина та системи керування автомобілів»
для студентів усіх форм навчання
спеціальності G11 Машинобудування,
освітня програма «Експлуатація, випробування та сервіс
автомобілів та тракторів»

2026 р.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Ходова частина та системи керування автомобілів» для студентів усіх форм навчання спеціальності G11 Машинобудування, освітня програма «Експлуатація, випробування та сервіс автомобілів та тракторів». Укл. : В. І. Кубіч, Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2026. 52 с.

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

Рецензент: О.М. Артюх, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск: О.В. Решетняк, провідний фахівець

Затверджено
на засіданні кафедри «Автомобілі,
теплові двигуни та гібридні
енергетичні установки»
Протокол № 6
від 27 січня 2026 р.

Рекомендовано до видання НМК
Транспортного факультету
Протокол № 2
від «28» січня 2026 р.

ЗМІСТ

| | Стор. |
|---|-------|
| Вступ..... | 4 |
| Загальні положення..... | 5 |
| 1 Лабораторна робота № 1. Ходова частина автомобілів..... | 7 |
| 2 Лабораторна робота № 2. Підвіска автомобілів..... | 19 |
| 3 Лабораторна робота № 3. Рульові керування..... | 24 |
| 4 Лабораторна робота № 4. Гальмівні системи..... | 35 |
| Рекомендована література..... | 51 |
| Додаток А. Вибір теми домашнього завдання..... | 52 |

ВСТУП

У сьогоденному автомобілебудуванні та ефективній реалізації системи забезпечення експлуатаційної надійності автомобілів різного конструктивного виконання та призначення передбачається значне підвищення їх технічного рівня. Це здійснюється на підставі впровадження результатів досягнень світової науки і техніки, спрямованих на зниження матеріалоємності складових частин, підвищення ресурсу до ремонту та зняття з експлуатації за ознаками безпечності та економічної недоцільності, забезпечення безпеки та полегшення керування, вдосконалення системи технічного обслуговування та ремонту та інше.

Сучасний автомобіль оснащений електронними системами керування та контролю поточного технічного стану, які працюють сумісно з базовими механічними, гідравлічними та пневматичними системами. Останні безпосередньо обумовлюють створення та перетворення рухів, сил, моментів, енергій, а електронна складова підвищує їх ефективність протікання в них робочих процесів та роботи за призначенням.

Несуча система автомобіля у цілому (рама, кузов, корпус) та його окремих складових, наприклад, для деталей трансмісії – балки моста, сумісно із системами підресорювання і рушіями – багатоколісними, гусеничними, комбінованими – все це є невідокремленими елементами ходової частини сучасного автомобіля. Автомобіль повинен бути керованим і безпечним під час використання за призначенням, що забезпечують системи рульового та гальмівного керування.

Дисципліна «Ходова частина та системи керування автомобілів» є однією із базових для вивчення спеціальних дисциплін за освітньою програмою «Експлуатація, випробування та сервіс автомобілів та тракторів» і закладає підґрунтя для вивчення таких дисциплін як «Експлуатаційні властивості автомобіля», «Робочі процеси автомобіля».

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Лабораторні роботи з дисципліни «Ходова частина та системи керування автомобілів» базуються на твердому знанні лекційного матеріалу і попередній самопідготовці студентів по літературних джерелах, що рекомендуються.

Кожну лабораторну роботу студенти виконують самостійно після вступного інструктажу і короткого опиту по тематиці домашнього завдання. Під час проведення занять в режимі онлайн використовуються окремі завдання, які формулюються в межах змісту лабораторної роботи та розміщуються у відповідних папках курсу дисципліни системи дистанційного навчання Moodle.

Перелік питань, що вивчаються самостійно, приведений в розділі «Домашнє завдання» до кожної лабораторної роботи. Тут же приведені приклади оформлення принципів схем агрегатів, механізмів і систем автомобілів, аналогічно з якими студенти креслять схеми відповідно до варіанту завдання.

У кінці кожної лабораторної роботи є контрольні запитання за темою занять, на які студенти відповідають під час опиту.

Для підготовки і при проведенні занять студенти використовують методичні вказівки, альбоми конструкцій, плакати, схеми агрегатів, механізмів і систем автомобілів, технічні засоби навчання (відеоролики, електронні технічні описи елементів конструкції), навчальну літературу з курсу.

Безпосереднє керівництво при проведенні занять здійснює викладач або лаборант. На першому занятті студенти отримують інструктаж з техніки безпеки і розписуються в спеціальному журналі.

Мета проведення лабораторних робіт – дати студентам глибоке розуміння загальних принципів будови і роботи агрегатів, вузлів і механізмів ходової частини, рульового та гальмівного керування автомобілів при їх різному конструктивному виконанні.

Вивчивши будь-який механізм, агрегат або вузол, студент повинен знати: його призначення; розташування на автомобілі елементів, з яких він складається; як працює; з якого матеріалу виготовляються його основні деталі; місця розташування регульовальних пристроїв і точок змашування; переваги й недоліки даної конструкції агрегату, механізму тощо.

Після вивчення будь-якої складової частини студент повинен уміти накреслити по пам'яті його принципову схему, вільно розповісти про його будову і роботу по рисунку, відповісти на запитання для самоперевірки.

У процесі навчання студенти зобов'язані дбайливо відноситися до наочних посібників, підручників, навчального обладнання, альбомів і плакатів. На початку кожного заняття черговий студент роздає альбоми, плакати, методичні вказівки і підручники, а при кінці заняття збирає і здає їх лаборанту. До обов'язку чергового входить також наведення порядку в лабораторії після закінчення занять.

У тексті методичних вказівок даються посилання на рекомендовану літературу з вказівкою порядкового номера джерела і сторінки, що відносяться до даної роботи, наприклад, [2], с. 64.

Вибір теми домашнього завдання рекомендовано здійснювати згідно таблицям додатків А.1, А.2. Як виняток, студент може обрати марку власного автомобіля або будь яку іншу марку.

При проведенні лабораторних занять та виконанні відповідних до них завдань у дистанційному режимі використовується платформа навчання Moodle.

1 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ХОДОВА ЧАСТИНА АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити конструктивні схеми і будову елементів ходових частин автомобілів.

Наочні посібники: плакати по ходовій частині автомобілів; технічні описи конструкції рам, коліс окремих марок автомобілів, макети, вузли і деталі ходової частини (елементи рами і несучого кузова, мости, колеса, шини).

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Призначення і властивості рам, кузовів з несучою основою, несучих кузовів, балок мостів. Вимоги до вузлів і деталей ходової частини, їх класифікація.

2. Типи, властивості та області застосування рам: лонжеронної, хребтової та їх різновидів.

3. Призначення і конструкція несучих мостів. Конструкція балок ведучих мостів: штамповані, литі, комбіновані та їх властивості. Регулювання опорних підшипників вузлів ходової частини.

4. Призначення і конструктивні варіанти ведучих мостів. Колеса дискові та без дискові, їх властивості. Обода глибокі, розбірні і спеціальні.

5. Загальна будова шин: каркас, брекер, протектор, сердечники. Радіальні, діагональні і опоясані шини. Матеріали каркаса і брекера, властивості гуми. Вплив рисунку протектора і матеріалів на властивості шин. Камерні і безкамерні шини. Спеціальні шини: багатошарові, з регулюючим тиском, широкопрофільні, арочні, пневмокатки. Маркування автомобільних шин. Тенденції вдосконалення автомобільних шин.

6. Призначення і величини кутів установки керованих коліс, їх регулювання.

7. Елементи ходової частини.

Пояснення окремих питань наведені на рисунках 1.1–1.12. При розгляді навчального питання № 5 рекомендовано ознайомитися з ДСТУ [10–13].

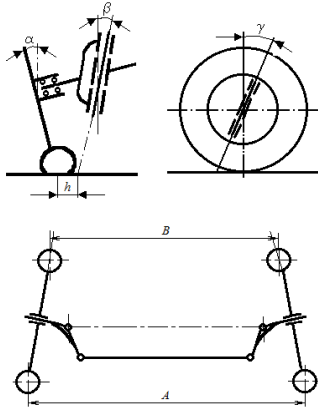


Рисунок 1.1 – Схема установки керованих коліс автомобіля

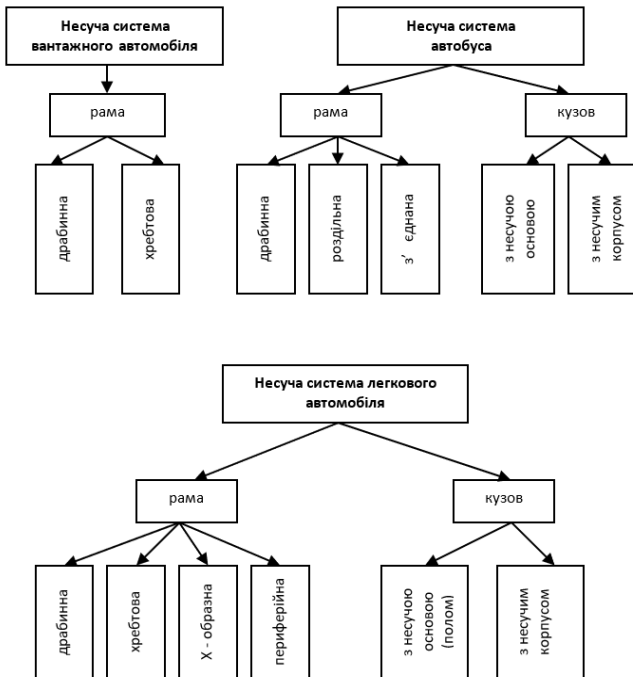


Рисунок 1.2 – Класифікація автомобілів за несучою силовою схемою

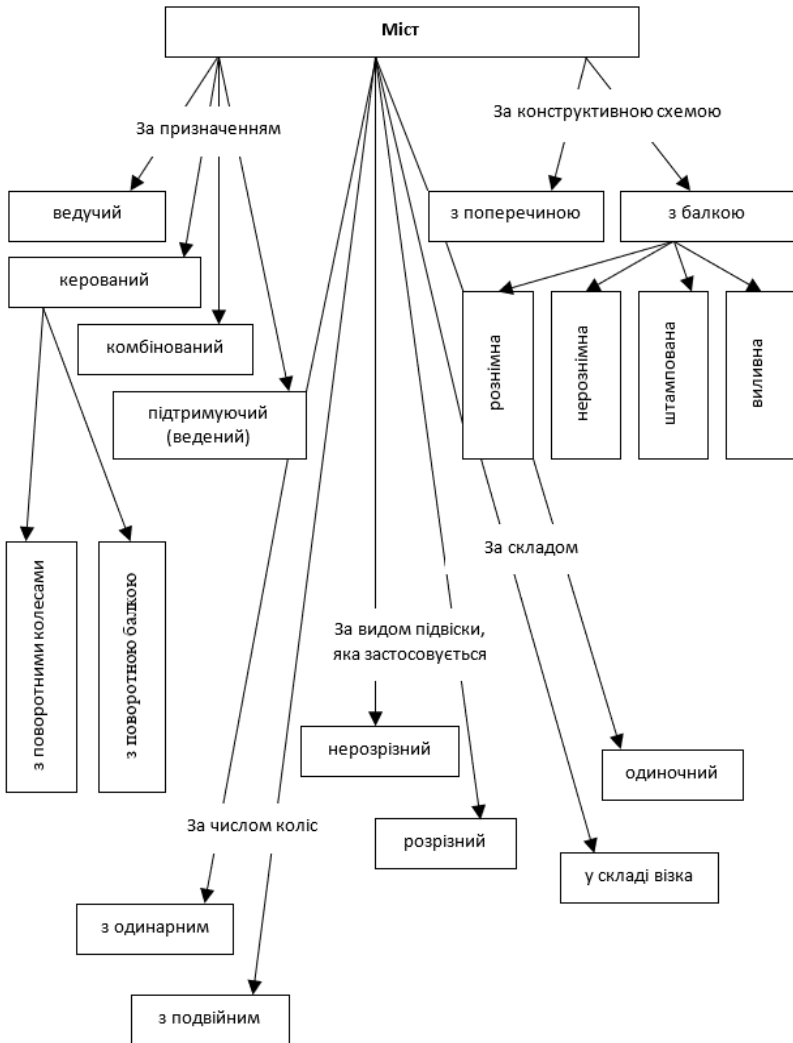


Рисунок 1.3 – Класифікація мостів

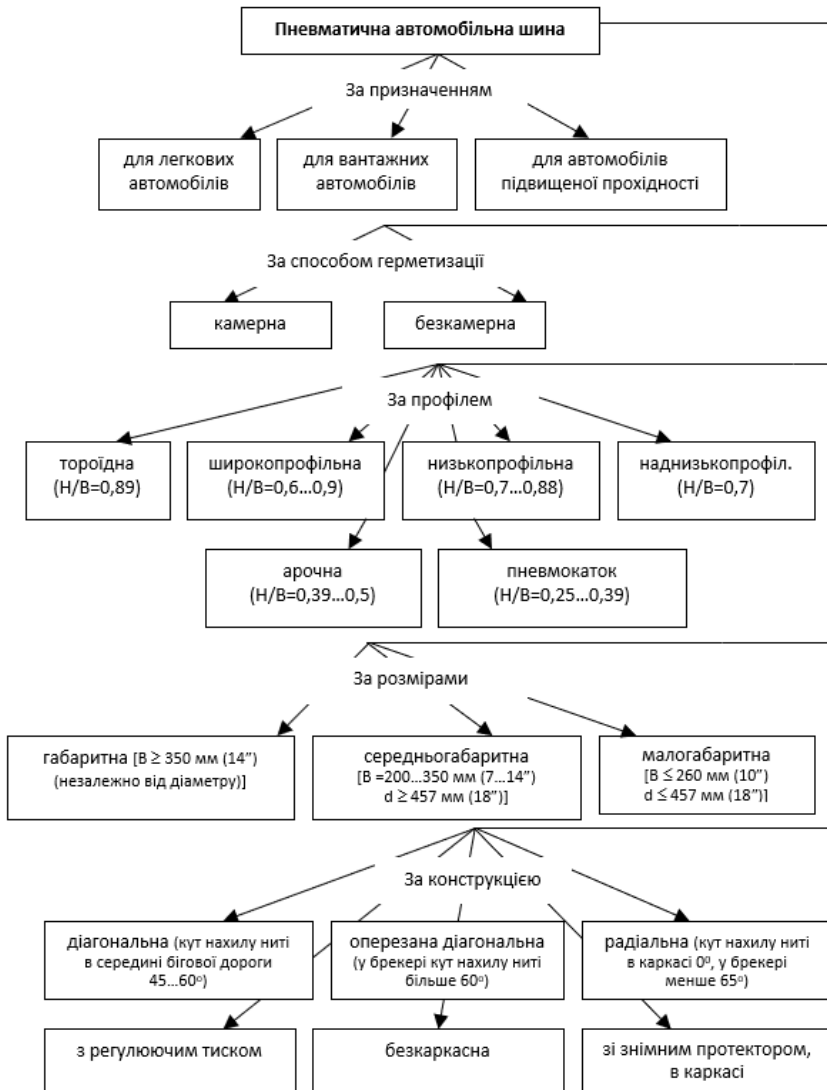


Рисунок 1.4 – Класифікація автомобільних шин

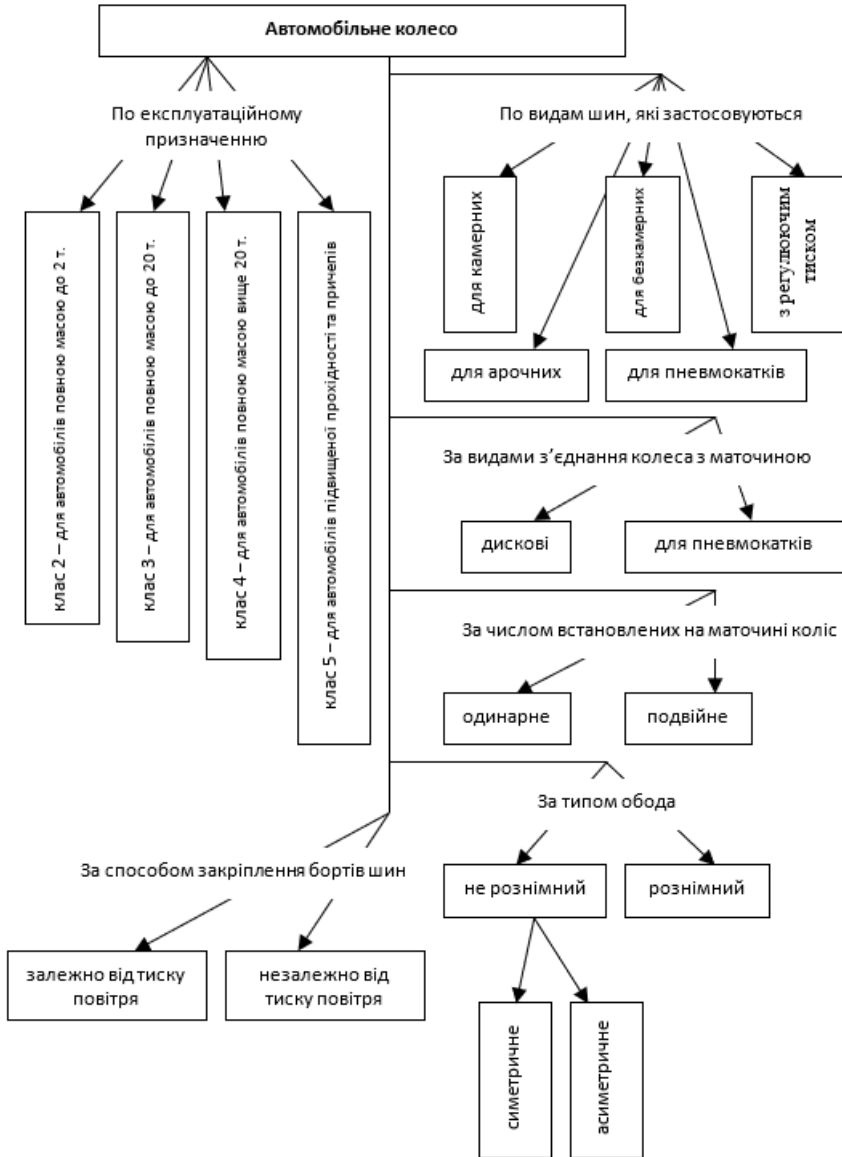
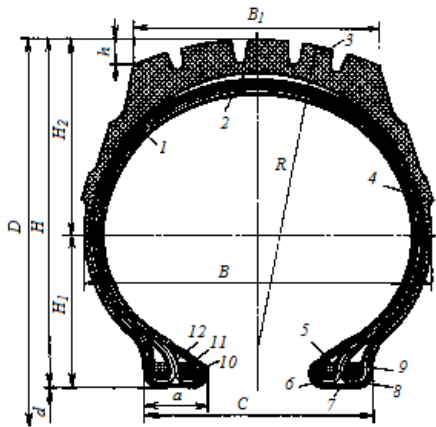


Рисунок 1.5 – Класифікація автомобільних коліс

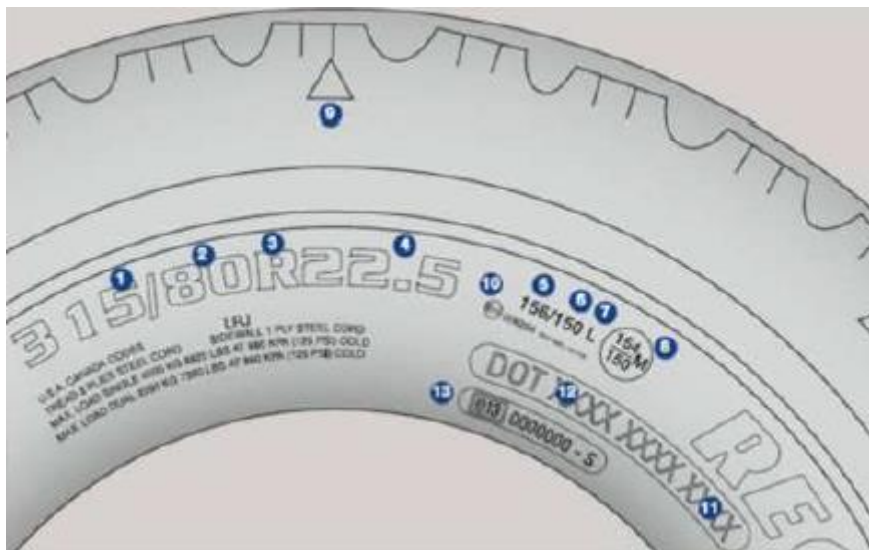


1 – каркас; 2 – брекер; 3 – протектор; 4 – боковина; 5 – борт; 6 – носок борта; 7 – підстава борта; 8 – п'ятка борта; 9 – бортова стрічка; 10 – бортовий дріт; 11 – обгортка; 12 – наповнювальний шнур; H – висота профілю покришки; H_1 – відстань від основи до горизонтальної осевої лінії профілю; H_2 – відстань від горизонтальної осі до екватора; B – ширина профілю; B_1 – корона; R – радіус кривизни протектора; D – зовнішній діаметр шини; d – посадковий діаметр шини; h – стріла дуги протектора; C – ширина розходження бортів; a – ширина борта
Рисунок 1.6 – Радіальний переріз покришки



A – магістральні перевезення; U – регіональні та магістральні перевезення;
N – зимні шини; E – для міських шляхів і передмістя; H – для будівельної техніки;
Y – для лісової місцевості

Рисунок 1.7 – Класифікація вантажних шин за умов експлуатації



- 1 – ширина профілю шини (мм або дюйми); 2 – висота профілю шини (% від ширини профілю); 3 – ширина радіальна (R = радіальна); 4 – діаметр обода (дюйми); 5 – індекс навантаження (максимальне навантаження на шину при одинарній установці); 6 – індекс навантаження (максимальне навантаження на шину при здвоєній установці); 7 – індекс швидкості ($L = 120$ км/год.); 8 – показник альтернативного навантаження (для альтернативної швидкості); 9 – індикатор зносу протектора; 10 – номер ЄСЕ (європейський стандарт); 11 – дата виробництва шини (тиждень, рік); 12 – код виробника – DOT; 13 – рівень шуму за стандартом ЄСЕ
- Рисунок 1.8 – Маркування вантажних шин за європейськими стандартами

Маркування обода колеса [9]

Розміри і профіль обода регламентовані відповідними стандартами. На кожен обід наноситься відповідне маркування, з якого можна дізнатися розміри і профіль. Основні розміри обода, ширину профілю та діаметр, як правило, всі виробники вказують у дюймах, за винятком компанії Michelin, яка застосовує для цього міліметри.

Приклад маркування: **5J × 13H2 ET30**, де: 5 – ширина обода в дюймах; 13 – діаметр обода в дюймах; J і H2 – конструктивні особливості профілю обода; ET30 – виліт (від німецького слова Einpresstiefe – ET) 30 мм.

Виліт колеса (виступ) є важливим параметром. Будь-яке колесо має «охоплювати» маточину, до якої воно кріпиться, тому що центр

плями контакту шини з дорогою зміщується щодо вертикальної осі, що проходить через центр маточини на невелику величину (рис. 1.9), яка розраховується при конструюванні підвіски і рульового керування автомобіля.

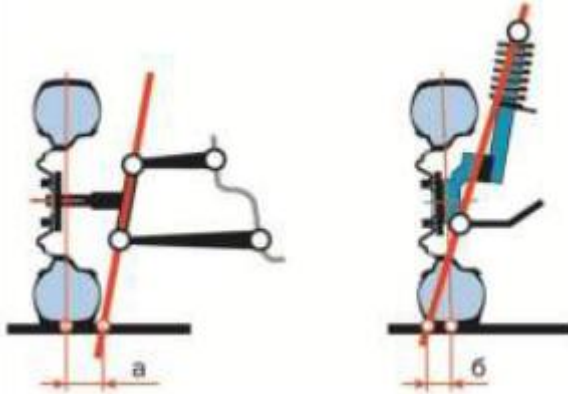


Рисунок 1.9 – Позитивне (а) і негативне (б) плече обкату керованого колеса

Величина виступу особливо важлива для керованих коліс, тому що положення плями контакту щодо осі повороту колеса грає важливу роль у визначенні характеристик повороту автомобіля.

Тенденції вдосконалення шин автомобіля [9]

Світові виробники автомобільних шин в даний час інтенсивно працюють над створенням шин для бездоріжжя, герметизації проколів, а також броньованих шин автомобілів спеціального призначення.

Найбільш затребувані власниками позашляховиків, пікапів і вантажних автомобілів малої і середньої вантажопідйомності, експлуатованих в аграрному секторі, шини для бездоріжжя MUD TERRAIN T/A (рис. 1.10).

Рисунок протектора з масивними ґрунтозачепами, зміщеними на бокову частину шини, дозволяє ефективно долати грязьові ділянки.

Особливий склад гумової суміші дозволяє збільшити стійкість протектора до розривів, порізів та інших ушкоджень, які можуть виникнути під час руху по кам'янистим, гравійним й іншим агресивним покриттям.

Збільшені, в порівнянні з шиною попереднього покоління, нитки каркаса надійно захищають боковину шини від пошкоджень при контактах з гілками і корінням дерев, гострими краями каменів, при попаданні в яму.

Особливість конструкції каркаса даної шини дозволяє знизити тиск повітря в шині. Подібна операція збільшує прохідність шини на м'яких покриттях: у пісках, у болоті, на пухкому ґрунті. Однак варто пам'ятати, що в цих умовах необхідно рухатися на гранично низькій швидкості, а після подолання складної ділянки тиск в шині має бути негайно відновлено.



Рисунок 1.10 – Шина для бездоріжжя MUD TERRAIN T/A

На деяких моделях сучасних вантажних автомобілях реалізована нова технологія захисту протектора від проколів MICHELIN Selfseal (рис. 1.11).

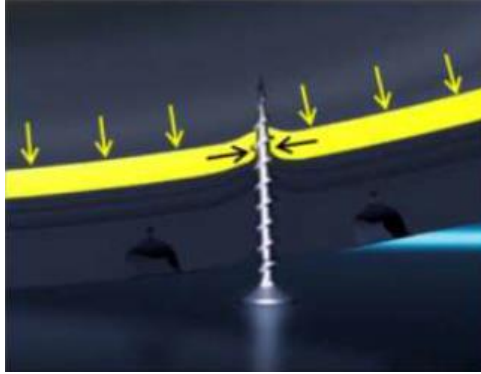


Рисунок 1.11 – Захист протектора шини від проколів
(технологія MICHELIN Selfseal)

Матеріал внутрішнього шару шини, що складається з 50% натурального каучуку, дуже еластичний. При наскрізному пошкодженні шини він деформується і обволікає чужорідний предмет, знижуючи можливість втрати внутрішнього тиску. При видаленні предмета з шини клейка основа тягнеться, створюючи свого роду «пробку», яка запечатує місце проколу.

На деяких автомобілях спеціального призначення, наприклад, броньованих автомобілях, застосовують шини MICHELIN, виконані за технологією PAX (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Шина броньованого автомобіля

Шина MICHELIN для броньованих автомобілів складається з чотирьох елементів:

- шина зі спеціальною конструкцією борта, що виключає зрив з обода;
- асиметричний диск, який має різний зовнішній і внутрішній діаметр;
- спеціальна вставка, спираючись на яку і їде автомобіль в разі пошкодження з подальшою втратою тиску;
- система контролю тиску, яка передає на приладову панель інформацію про тиск і температуру всередині шини.

Однією з особливостей даного типу шини є підвищений індекс навантаження, так як будь-яке бронювання автомобіля веде за собою збільшення маси автомобіля, а значить, і збільшення навантаження на кожну з шин. Шини броньованого автомобіля також повинні бути здатні продовжувати рух навіть при пошкодженні шини.

Домашнє завдання

Випишіть основні дані ходової частини автомобіля у відповідності до варіанту завдання:

- тип рами, кузова;
- типи несучих мостів;
- тип, число і маркування шин (розшифруйте позначення шини);
- нормативний тиск в шинах передніх і задніх коліс;
- значення кутів установки керованих коліс автомобіля;
- вид і марка оливи (мастил), що використовуються в опорному підшипниковому вузлу ходової частини.

Наведіть зображення передньої осі (моста) з керованими колесами та накресліть схему установки керованих коліс у двох проєкціях з позначенням відповідних кутів. Приклад наведено на рисунку 1.1.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Назвіть основні елементи ходової частини автомобіля з колісним і гусеничним рушієм.

2. Сформулюйте призначення окремих елементів ходової частини автомобіля.

3. Які типи автомобільних рам застосовуються в конструкціях несучих систем автомобілів?

4. Які типи несучих кузовів застосовуються в конструкціях несучих систем легкових автомобілів?

5. Назвіть конструктивні варіанти опорних підшипникових вузлів ходової частини автомобілів.

6. Наведіть приклади типів автомобільних шин.

7. Наведіть приклади варіантів маркування автомобільних шин.

8. Що собою представляє сходження, розвал і кути нахилу осі шворня керованих коліс, та яке їх призначення?

9. Наведіть приклади величини установки керованих коліс, що рекомендується для автомобілів різних типів.

Література: [2], с. 7–26; [3], с. 213–215, 216–219; [4], с. 29–51, 52–58; [5], с. 270–271, 280–289; [6], с. 198–204, 205–208; [8], с. 149–154, 169–183; [9], с. 234–238, 255–267; [10] – [13].

2 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ПІДВІСКА АВТОМОБІЛІВ

Мета роботи – вивчити конструкції механічних, пневматичних і гідропневматичних підвісок автомобілів.

Наочні посібники: плакати, технічні описи конструкції підвісок окремих автомобілів; макети, вузли і деталі направляючих апаратів, пружні елементи, елементи, що гасять коливання та входять до підвісок різних типів.

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Призначення, загальна будова і головні функційні елементи підвісок автомобілів. Забезпечення доцільної характеристики пружності і кінематики, достатнього гасіння, малої величини невідсереджених мас, раціональної компоновки.

2. Направляючі пристрої підвісок, їх класифікація і загальні властивості. Кінематика направляючих пристроїв. Направляючі пристрої на одному та двох поперечних і повздовжніх важелях, шворневі і безшворневі, на косих важелях, підвіска Макферсона, напівзалежна підвіска. Направляючі пристрої балансирних підвісок.

3. Конструкція і класифікація пружних елементів підвісок. Забезпечення нелінійної характеристики пружності підвісок, комбіновані пружні елементи.

4. Конструктивні варіанти залежних, незалежних і напівзалежних підвісок автомобілів.

5. Будова і робота ресорної підвіски автомобілів. Способи підвищення довговічності ресор.

6. Будова і робота пневматичної підвіски автобуса.

7. Будова і робота гідропневматичної підвіски великовантажних автомобілів.

8. Конструктивні варіанти, особливості конструкції і робота незалежних підвісок легкових автомобілів.

9. Будова, робота і характеристика гідравлічних амортизаторів. Тенденції вдосконалення амортизаторів.

Пояснення окремих питань наведені на рисунках 2.1–2.5.

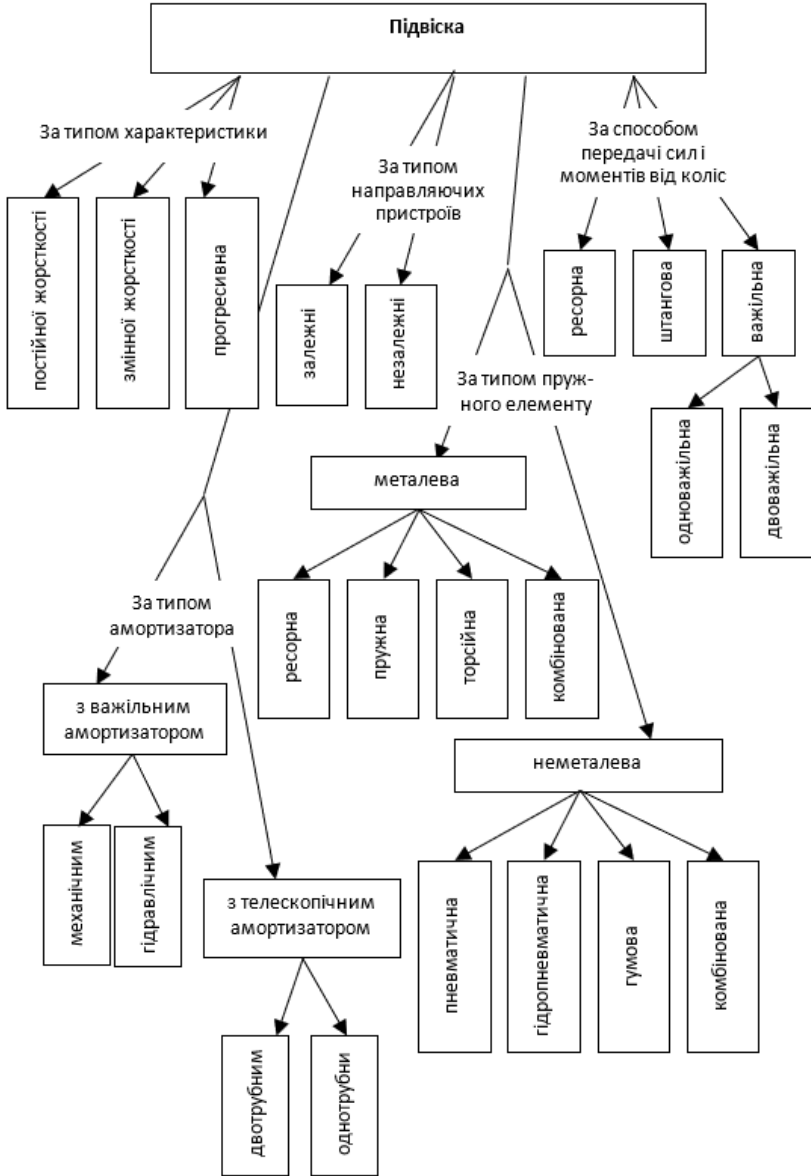
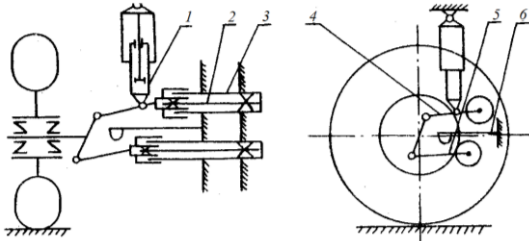
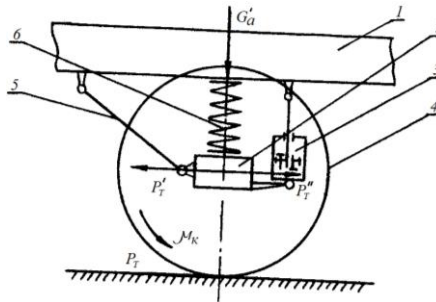


Рисунок 2.1 – Класифікація підвісок



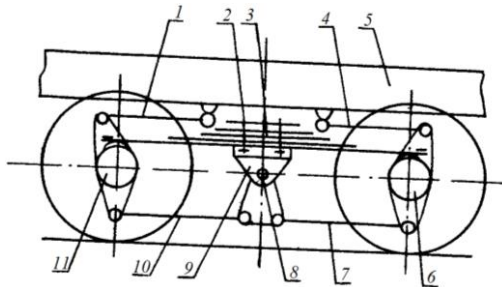
1 – амортизатор; 2 – торсіон; 3 – труба торсіона; 4, 5 – важелі підвіски;
6 – важіль демпфера

Рисунок 2.2 – Схема передньої важільно-торсійної підвіски автомобіля ЗАЗ-968 на двох повздовжніх важелях



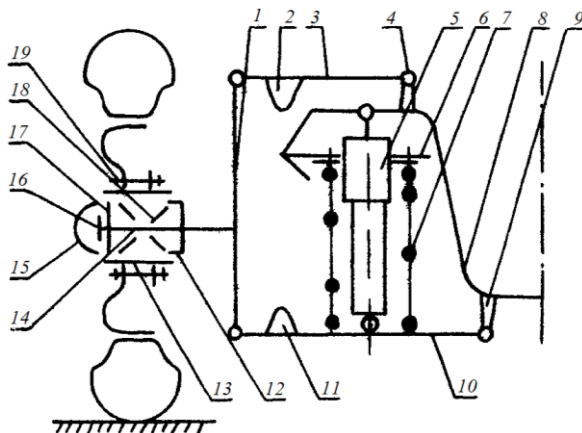
1 – фрагмент рами; 2 – остов моста; 3 – амортизатор; 4 – колесо; 5 – штанга;
6 – пружина

Рисунок 2.3 – Схема важільно-пружинної підвіски на повздовжніх важелях



1, 4, 7, 10 – реактивні штанги; 3 – листовая ресора; 5 – фрагмент рами; 6, 11 – остови мостів; 8 – вісь балансира

Рисунок 2.4 – Схема балансірної підвіски



1 – поворотна цапфа; 2 – верхній буфер; 3 – верхній поперечний важіль;
 5 – амортизатор; 6 – верхня чашка пружини; 7 – пружина; 8 – фрагмент балки
 (поперечини); 9 – опора нижнього важеля; 10, 11 – нижній буфер; 12, 17 – опора
 підшипник; 13 – маточина колеса; 14 – вісь цапфи; 15 – захисний ковпак підшипника;
 16 – регульовальна гайка; 18 – підшипник; 19 – кріплення колеса
 Рисунок 2.5 – Схема незалежної важільної передньої підвіски

Тенденції вдосконалення амортизаторів [9]

Деякі виробники, наприклад, фірма KONI, виготовляють амортизатори, в яких перепусковий клапан можна регулювати вручну. Таке регулювання необхідно проводити перед установкою амортизатора на автомобіль для отримання необхідної ефективності.

Зовсім інший принцип був запропонований постачальником автомобільних систем Delphi в його конструкції амортизатора Magneride.

У ній використовується властивість деяких в'язких рідин бути чутливими до впливу електромагнітних полів; в'язкість рідини збільшується з посиленням поля, молекули шикуються в ланцюжки і створюють більший опір.

Компанія Delphi продемонструвала автомобілі, обладнані амортизаторами, де звичайні отвори замінені вузькими проходами, в яких рідина протікає між електромагнітними котушками. Система Magneride має величезну перевагу, що полягає в тому, що в'язкість рідини, а отже, і ступінь демпфірування можуть змінюватися в

залежності від зміни напруженості електромагнітного поля, яка управляється мікропроцесором.

Домашнє завдання

Випишіть основні дані підвіски автомобіля у відповідності до варіанту завдання:

- типи підвіски передніх і задніх коліс;
- особливостей конструкції пружного елемента підвіски;
- тип та загальна будова направляючого пристрою підвіски;
- особливості конструкції пристрою підвіски що гасить коливання.

Наведіть зображення передньої та задньої підвісок і накресліть принципові схеми їх компонування. Приклади наведені на рисунках 11.2–11.5 та за текстом лекції.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. У чому полягає призначення підвіски і які вимоги, що пред'являються до неї?

2. Назвіть основні елементи підвіски колісного автомобіля та сформулюйте їх призначення.

3. Наведіть приклади застосування залежних і незалежних підвісок у конструкціях автомобілів різного призначення.

4. Наведіть приклади застосування, переваги та недоліки пневматичних і гідропневматичних підвісок.

5. У чому полягає призначення стабілізатора поперечної стійкості та який його зв'язок з елементами конструкції автомобіля?

6. З яких елементів конструкції складається двотрубний гідравлічний телескопічний амортизатор та за яким принципом він працює?

7. З яких елементів конструкції складається підвіска типу свічка, що гойдається, та у чому полягають її переваги?

Література: [2], с. 99–174; [3], с. 205–213; [4], с. 61–62, 76–78, 88–91, 103–106; [5], с. 272–279; [6], с. 209–223; [8], с. 156–164, 187–189; [9], с. 239–253.

3 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. РУЛЬОВІ КЕРУВАННЯ

Мета роботи – вивчити конструктивні варіанти і будову рульових керувань автомобілів.

Наочні посібники: плакати, технічні описи рульових керувань окремих автомобілів; макети компонування рульового керування легкового автомобіля, розрізні рульові механізми, окремі вузли і деталі рульових механізмів, підсилювачів і рульових приводів.

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Класифікація рульових керувань та вимоги до них щодо зусилля на рульовому колесі. Узгодженості кінематики рульового приводу і підвіски, достатньої стабілізації і маневреності, підвищеної надійності.

2. Рульові механізми, вимоги до них та їх класифікація.

3. Способи повороту автомобілів.

4. Основні елементи рульових керувань автомобілів.

5. Кути установки коліс і шворнів. Позитивне і негативне плече обкатки.

6. Типи і особливості конструкції та кінематики. Властивості та області застосування черв'ячних, гвинтових, рейкових і комбінованих механізмів.

7. Причини, що потребують застосування підсилювачів і принцип їх роботи. Улаштування і робота слідкуючих систем в рульових керуваннях з гідропідсилювачами.

8. Будова та особливості роботи гідропідсилювачів різних типів: інтегральних і суміщених частково чи повністю рознесених.

9. Конструкції безпечних рульових керувань. Енергопоглинаючі елементи.

10. Будова вузлів і деталей рульових приводів різних типів.

Пояснення окремих питань наведені на рисунках 3.1–3.8.

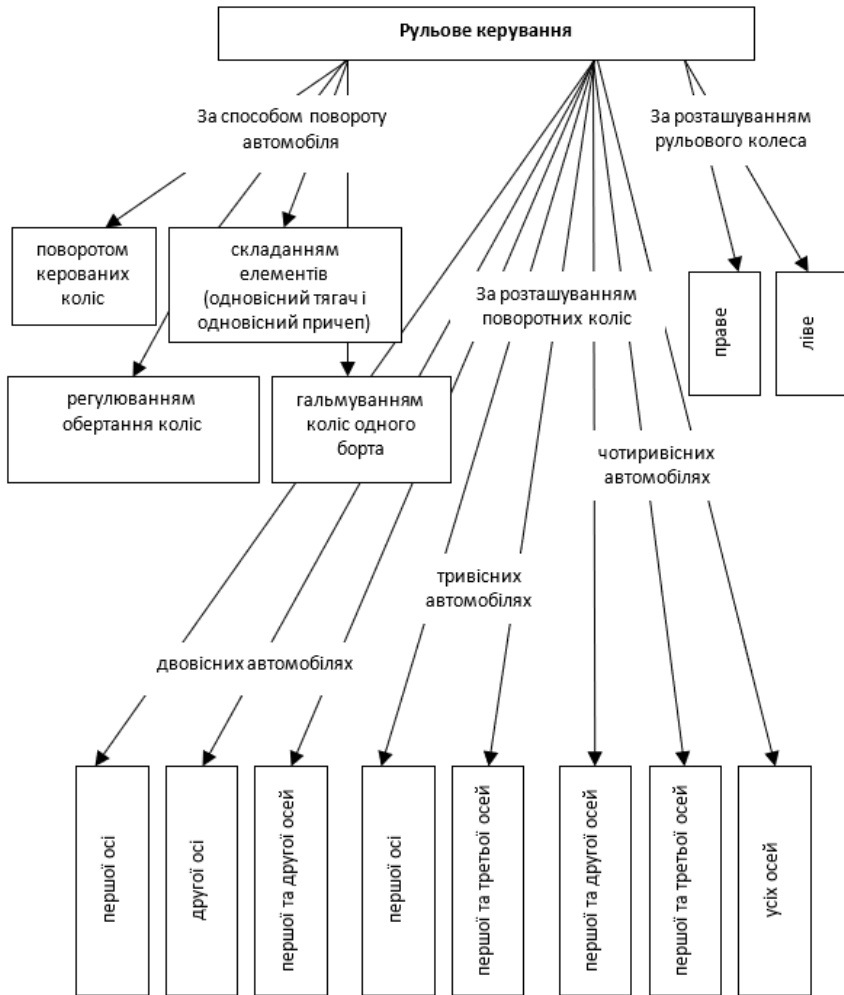


Рисунок 3.1 – Класифікація рульового керування

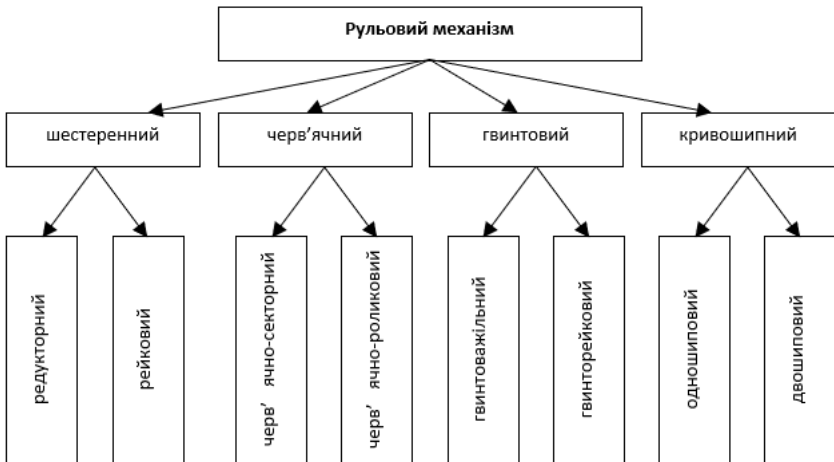
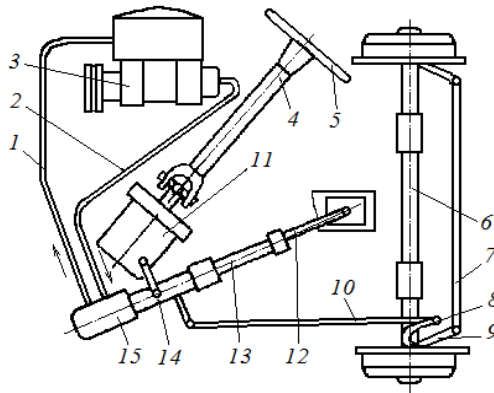


Рисунок 3.2 – Класифікація рульових механізмів



- 1, 2 – гідравлічні трубопроводи; 3 – насос; 4 – рульова колонка; 5 – кермове колесо;
 6 – балка моста; 7 – поперечна рульова тяга; 8 – важіль поворотного кулака;
 9 – поворотний важіль; 10 – повздовжня рульова тяга; 11 – корпус рульового механізму; 12 – шток гідравлічного циліндра; 13 – корпус гідравлічного циліндра;
 14 – корпус кулькового пальця; 15 – розподільний пристрій підсилювача

Рисунок 3.3 – Схема рульового керування автомобіля МАЗ-500

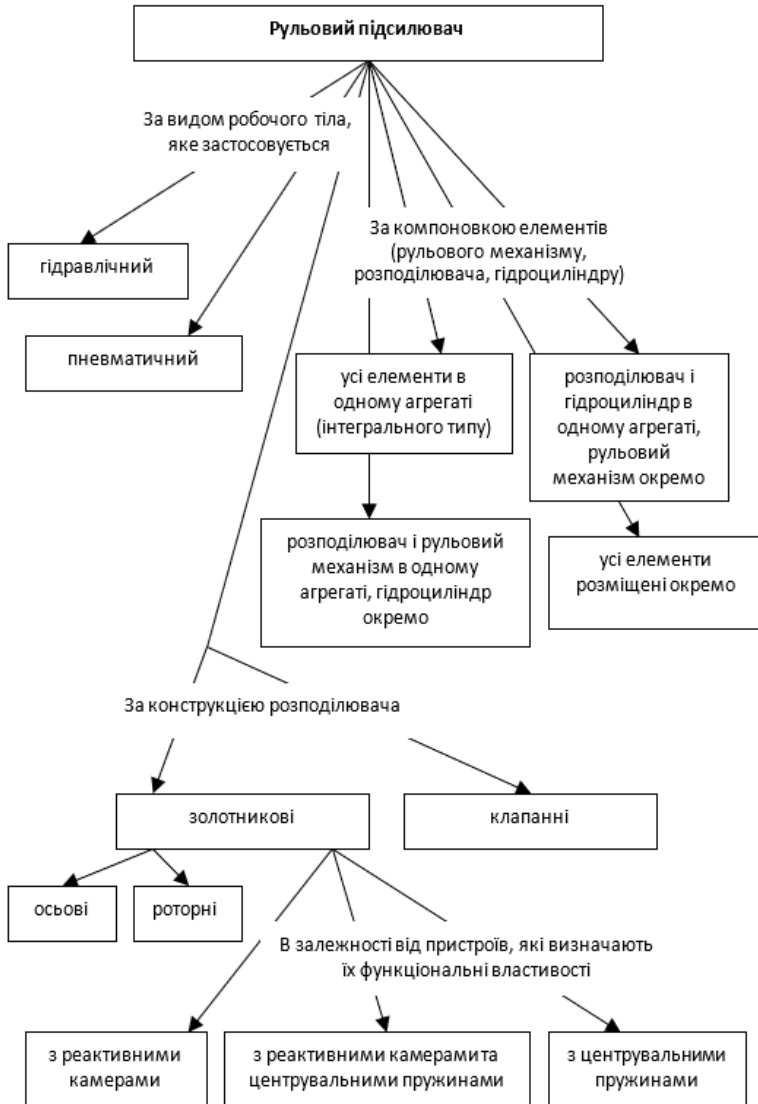
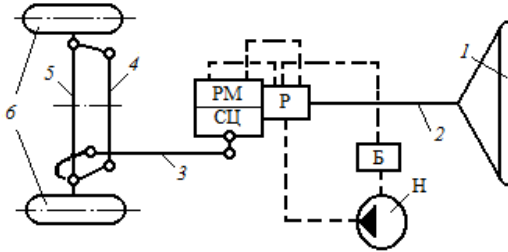
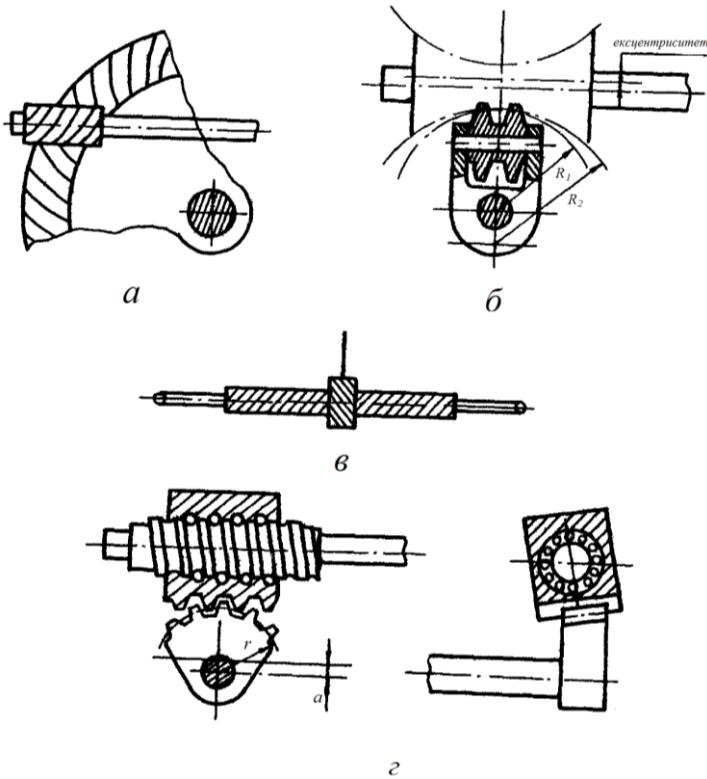


Рисунок 3.4 – Класифікація рульового підсилювача

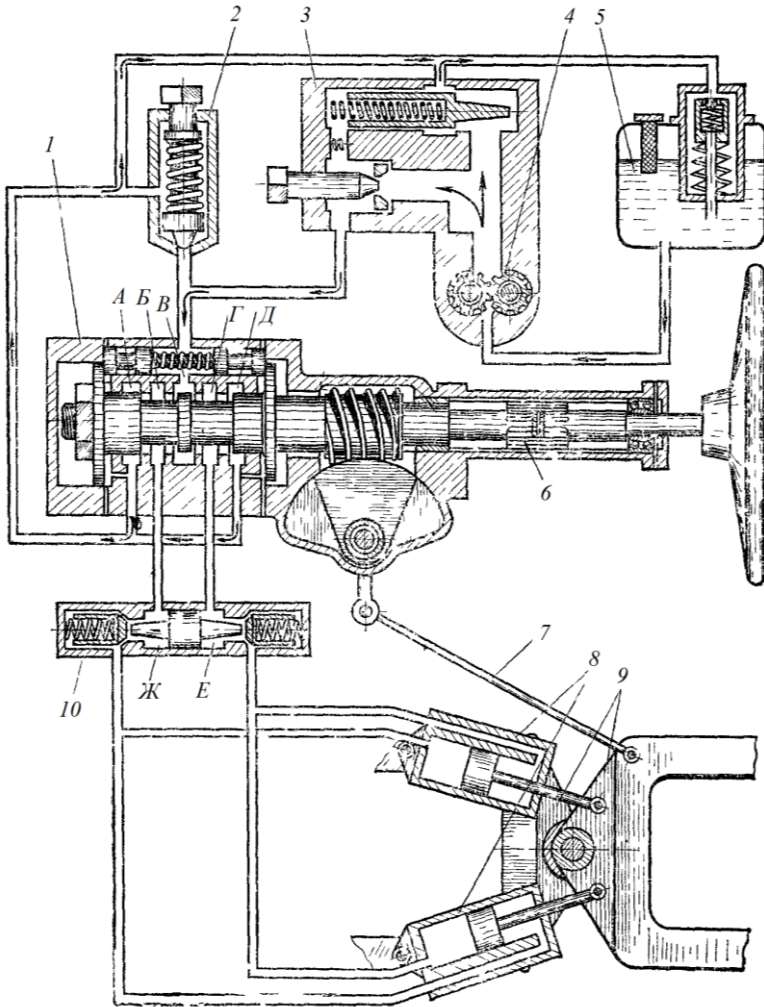


1 – кермове колесо; 2 – рульова колонка; 3 – повздовжня рульова тяга; 4 – поперечна рульова тяга; 5 – балка моста; 6 – колеса
Рисунок 3.5 – Схема рульового керування автомобіля ЗІЛ-130



а – черв'як і бічний сектор; б – глобоїдний черв'як і ролик; в – рейка і шестерня;
г – гвинт-гайка-рейка-сектор

Рисунок 3.6 – Схеми рульових механізмів

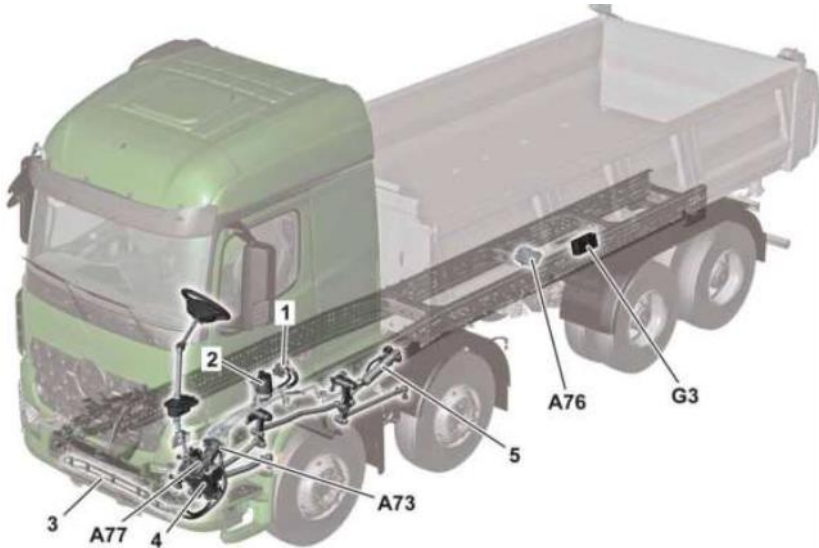


1 – розподільник із редуктором; 2 – клапан захисний; 3 – регулятор витрати; 4 – насос для оливи; 5 – бак для зберігання оливи; 6 – кермова колонка; 7 – слідкуючий пристрій; 8 – гідроциліндри повороту; 9 – напіврами; 10 – коробки запірних клапанів

Рисунок 3.7 – Принципова схема гідравлічної системи керування зчленованих автомобілів

Рульове керування з електрогідравлічним підсилювачем руля [9]

Електрогідравлічне рульове керування реалізовано на автомобілі Mercedes-Benz Actros (Model 964) в чотириколісному варіанті виконання (рис. 3.8).

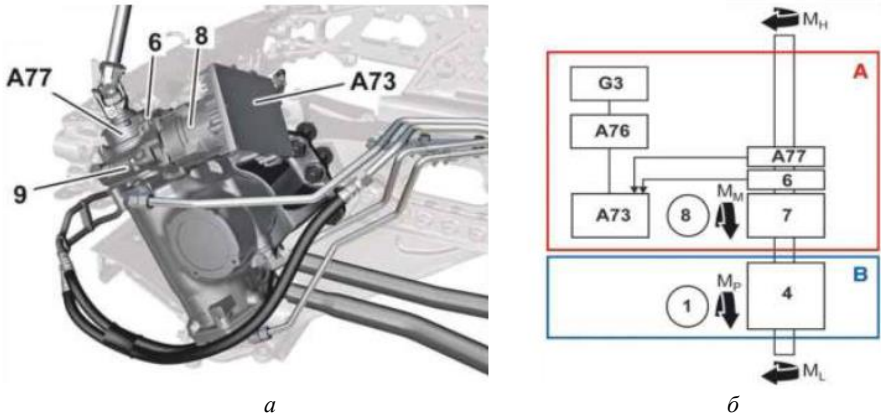


1 – насос гідропідсилювача; 2 – резервуар для рідини; 3 – радіатор;
 4 – рульовий механізм Servotwin®; 5 – гідроциліндр; A73 – блок керування електрогідравлічним підсилювачем керма (APS); A76 – блок керування надлишковим живленням (RPS); A77 – датчик кута повороту рульового колеса;
 G3 – буферна батарея

Рисунок 3.8 – Електрогідравлічне рульове керування

Основою даного рульового керування є рульовий механізм ZF, що встановлюється на більшості важких вантажних автомобілів і доповнений електромеханічним пристроєм Servotwin® (рис. 3.9).

Servotwin® складається з кулькового рульового механізму з сервопідсилювачем Servotronic і електродвигуна з блоком керування і черв'ячним механізмом. У даному рульовому керуванні підсумовуються електричний ММ і гідравлічний МР крутні моменти, забезпечуючи оптимальне значення крутного моменту ML і легкість керування автомобілем в різних дорожніх умовах.



1 – насос гідропідсилювача; 4 – рульовий механізм Servotwin®; 6 – торсіон з датчиком крутного моменту; 7 – черв'ячна передача; 8 – електродвигун; 9 – черв'ячний редуктор; A73 – блок керування електрогідравлічним підсилювачем руля (APS); A76 – блок керування надлишковим живленням (RPS); A77 – датчик кута повороту рульового колеса; G3 – буферна батарея; MH – крутний момент на рульовому колесі; ML – вихідний крутний момент на рульовій передачі; MM – електричний крутний момент; MP – гідравлічний крутний момент; A – електрична рульова передача; B – гідравлічна рульова передача

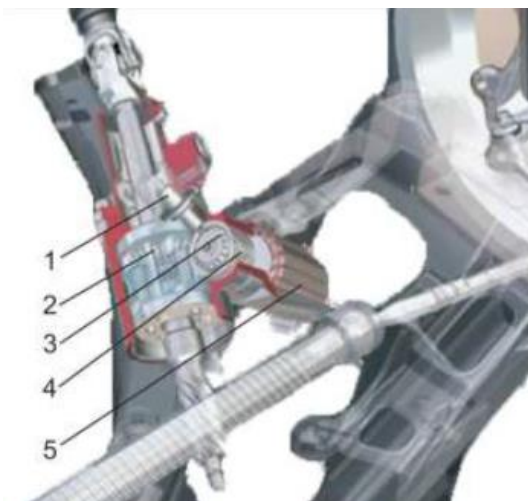
Рисунок 3.9 – Рульовий механізм ZF з електромеханічним пристроєм Servotwin® (а) електрогідравлічного рульового керування автомобіля і принцип його роботи (б)

Крутний момент на вихідному валу рульового керування M_L оптимізується блоком керування A73, додаючи або віднімаючи крутний момент M_L , пристосовуючи автомобіль до конкретних умов руху. У міру збільшення швидкості руху автомобіля рульове керування стає більш жорстким, негативно впливає на водія. Різні навантажувальні та швидкісні режими автомобіля компенсуються системою рульового керування, забезпечуючи оптимальне відчуття водієм рульового колеса.

Тенденції вдосконалення конструкції рульових керувань [9]

Поряд з такими традиційними напрямками вдосконалення рульового керування вантажних автомобілів, як підвищення його надійності і зниження вартості виробництва, в останні роки намітилася тенденція розробки електронних пристроїв, що допомагають водієві оптимально керувати траєкторією руху

автомобіля. Одна з таких систем – активна система керування передніми колесами AFS (рис. 3.10), що застосовується на легкових автомобілях BMW.



1 – блокатор; 2 – планетарна передача; 3 – черв'ячне колесо; 4 – черв'ячний привод;
5 – електродвигун

Рисунок 3.10 – Активна система керування передніми колесами автомобіля

Система AFS має розрізний рульовий вал, обидві половини якого з'єднані за допомогою зведеного планетарного редуктора. Корпус редуктора може повертатися з допомогою електродвигуна, який вмикається за сигналом електронного блоку керування. Таким чином, система AFS, що аналізує параметри криволінійного руху автомобіля в кожен момент часу, може збільшувати або зменшувати кут або кутову швидкість повороту керованих коліс, тим самим допомагаючи водієві оптимально керувати автомобілем.

Фіксування системи AFS виконується блокуванням шляхом його автоматичного введення в черв'ячну передачу при відмові електроживлення. В даному випадку забезпечується можливість керувати автомобілем через рульову колонку.

Розвиток електроніки дозволяє говорити про можливість в майбутньому перейти на електрокерування повороту коліс автомобіля. У таких системах буде відсутній механічний зв'язок між рульовим

колесом і керованими колесами, кожне колесо буде повертатися індивідуальним електродвигуном по сигналу ЕБУ. При впливі водія на орган керування автомобілем генерується електричний сигнал, який поряд з сигналами інших датчиків аналізується блоком керування. У таких системах традиційне рульове колесо стає необов'язковим і може бути замінене, наприклад, джойстиком.

Домашнє завдання

Випишіть основні дані до рульового керування автомобіля у відповідності до варіанту завдання.

- тип рульового механізму і його передаточне число;
- мінімальний радіус повороту автомобіля;
- максимальні кути повороту керованих коліс;
- тип підсилювача рульового керування;
- максимальний тиск гідравлічної оливи і зусилля на рульовому колесі; сорт оливи, що застосовується в підсилювачі;
- тип травмобезпечного пристрою в рульовому керуванні автомобіля.

Наведіть зображення рульового керування та накресліть принципові схеми компонування рульового приводу і рульового механізму. Приклади наведені на рисунках 3.3, 3.5, 3.6 та за текстом лекції.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Сформулюйте призначення і типи рульових керувань колісних автомобілів.
2. Які вимоги висуваються до рульового керування автомобілів?
3. Назвіть основні елементи рульового керування автомобіля категорії N3.
4. Що розуміється під рульовою трапецією та яке її призначення?
5. Наведіть типи рульових механізмів і приклади їх застосування.
6. Що розуміється під прямим та зворотнім ККД рульового механізму?

7. Наведіть приклади реалізації варіантів рульових керувань з гідропідсилювачами в конструкції автомобілів категорії N.

8. Що розуміється під слідкувальною системою в конструкціях рульових керувань з гідропідсилювачами різних типів та у чому полягає її принцип роботи?

9. Наведіть типи й особливості конструкції травмобезпечних елементів в рульових механізмах легкових автомобілів.

Література: [1], с. 20–27, 51–84, 85–97; [3], с. 256–267; [4], с. 65–66; [5], с. 297–313; [6], с. 224–240; [7], с. 169–197; [8], с. 196–205; [9], с. 196–204.

4 ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ГАЛЬМІВНІ СИСТЕМИ

Мета роботи – вивчити будову і роботу гальмівних систем сучасних автомобілів.

Наочні посібники: плакати, технічні описи конструкції гальмівних систем окремих автомобілів; макети, вузли і деталі гальмівних систем.

Перелік питань, що вивчаються на занятті

1. Вимоги, що пред'являються до гальмівних систем автомобілів.
2. Типи гальмівних систем, їх аналіз і сфери застосування.
3. Схеми розділення гальмових приводів.
4. Основні елементи гальмівних систем з пневматичним і гідравлічним приводом.
5. Конструкції пневматичних, вакуумних і гідровакуумних підсилювачів гальмівних систем.
6. Особливості конструкції і робота барабаних колісних механізмів: із єдиним і рознесеним циліндрами, з плаваючими колодками, з клиновим і кулачковим розтиском. Поняття про ступінь самопідсилення різних механізмів.
7. Особливості конструкції і робота колісних дискових гальмівних механізмів: будова і властивості механізмів із нерухомою і плаваючою скобою.
8. Конструкція та робота допоміжних і запасних гальмівних систем.
9. Будова і робота стоянкових гальмівних механізмів з механічним і пневматичним приводом.
10. Конструктивні варіанти і принцип дії гальмівних уповільнювачів.
11. Конструкція і робота слідкуючих пристроїв у гальмівних системах.
12. Конструкція та робота променевих із диференціальним поршнем регуляторів гальмівних сил.

13. Гальмівні системи автопоїздів, одно і двопрвідні системи, комбіновані системи.

14. Гальмо-сповільнювач в гальмівних системах автомобілів категорії N3.

15. Перспективні напрямки розвитку гальмівних систем.
Пояснення окремих питань наведені на рисунках 4.1–4.20.

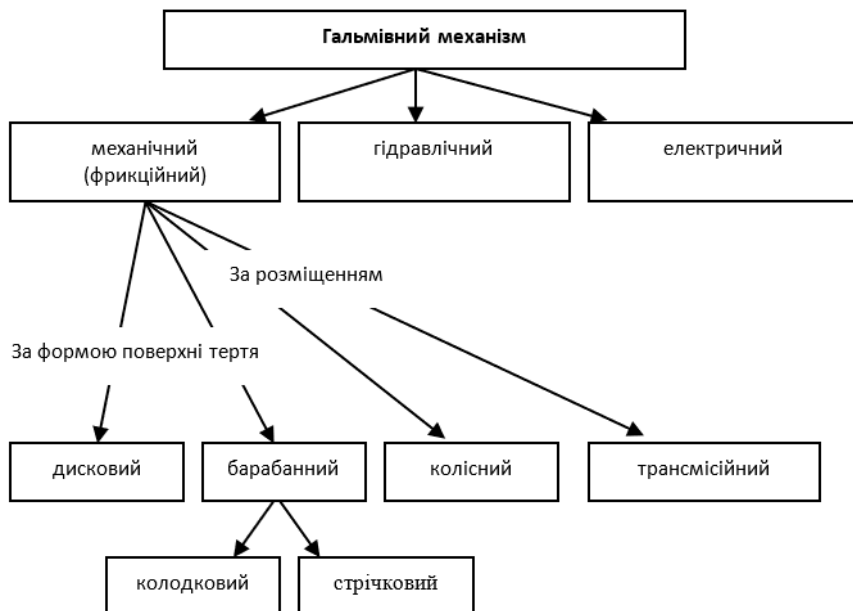


Рисунок 4.1 – Класифікація гальмівного механізму

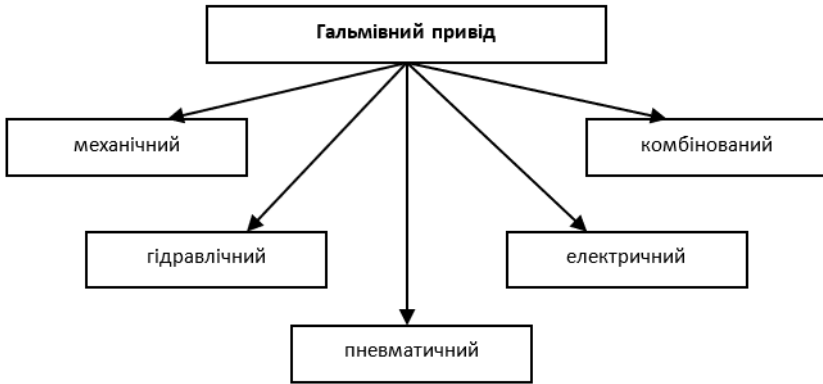
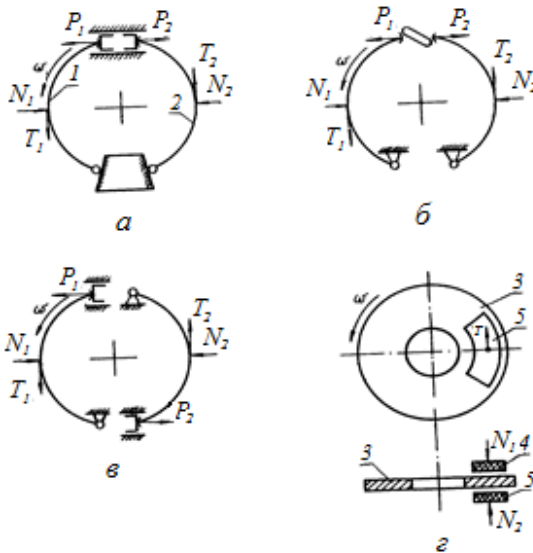
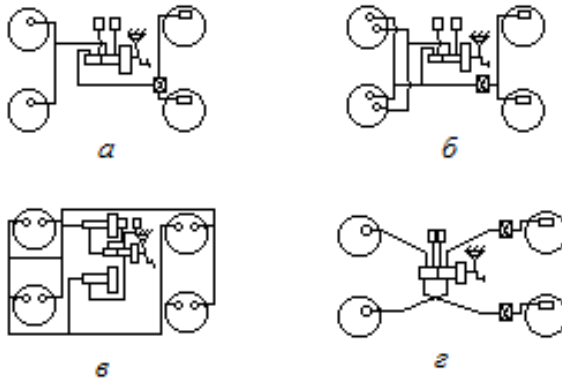


Рисунок 4.2 – Класифікація гальмових приводів



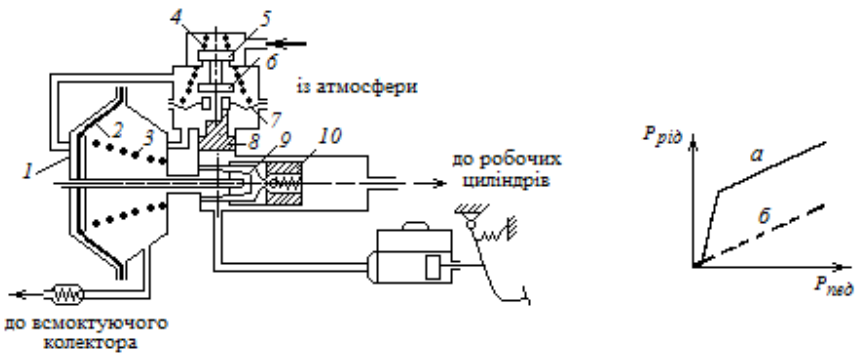
а – гальмівний механізм з рівними привідними силами; б – гальмівний механізм з рівними переміщеннями; в – гальмівний механізм з рознесеними опорами;
 2 – гальмівний механізм дисковий: 1, 2, 5 – тіло гальмової колодки; 3 – гальмовий диск; 4 – накладки гальмових колодок дискового гальма

Рисунок 4.3 – Схеми колісних гальмівних механізмів



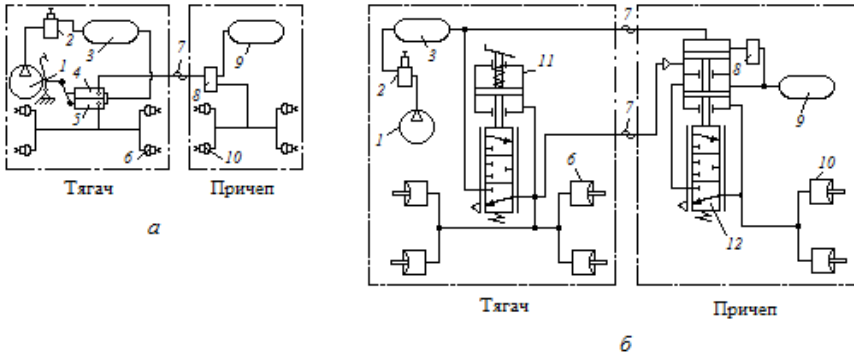
a – розподільний, *б* – здубльований на передні колеса, *в* – здубльований на передні і задні колеса, *г* – діагональний

Рисунок 4.4 – Схема двоконтурних гальмових гідроприводів із головними циліндрами типу «тандем» і вакуумними підсилювачами та регуляторами гальмівних сил задніх коліс



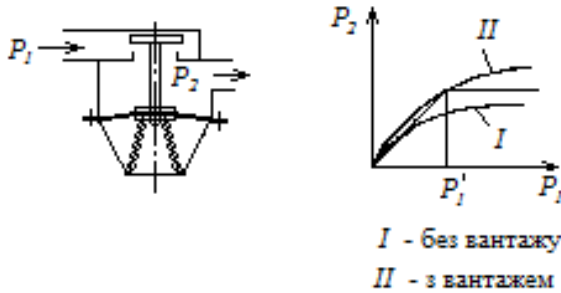
1 – мембранна камера; 2 – мембрана; 3, 4 – пружини; 5 – атмосферний клапан;
 6 – вакуумний клапан; 7 – мембрана слідкуючого пристрою; 8 – поршень;
 9 – пластина; 10 – поршень гідроциліндра; *a* – при роботі підсилювача;
б – без підсилювача

Рисунок 4.5 – Схема та характеристика роботи гідровакуумного підсилювача гідроприводу з мембранним слідкуючим пристроєм

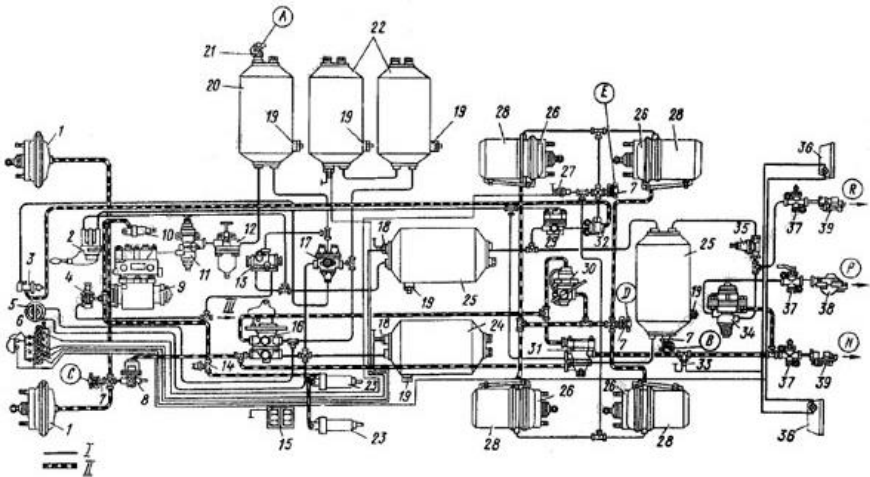


a – однопровідний привід причепа; *б* – двопровідний привід причепа; 1 – компресор; 2 – регулятор тиску; 3 – ресивер тягача; 4, 5 – секції комбінованого гальмівного крана; 6 – гальмові камери тягача; 7 – з'єднувальна головка; 8 – повітрерозподільвач; 9 – ресивер причепа; 10 – гальмові камери причепа; 11 – гальмівний кран тягача; 12 – гальмівний кран причепа

Рисунок 4.6 – Пневматичні гальмові приводи автопотягів

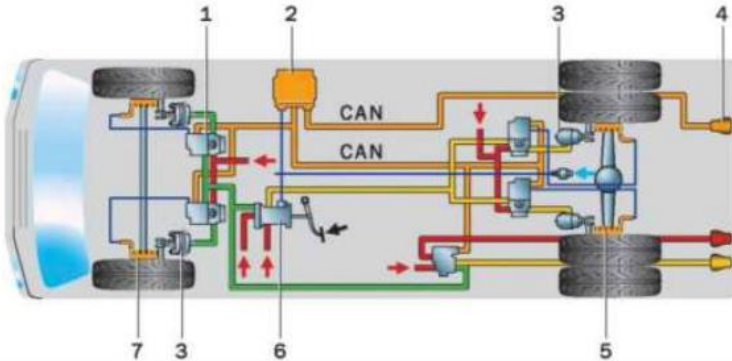


p_1 – тиск на вході (керуючий тиск); p_2 – тиск на виході (на вході у гальмову камеру)
Рисунок 4.7 – Схема (зліва) і статична характеристика (справа) регулятора гальмівних сил з клапаном, який відсікає



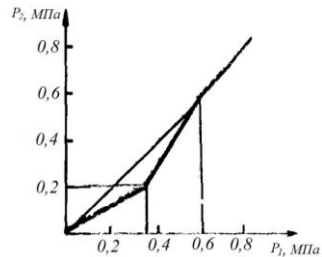
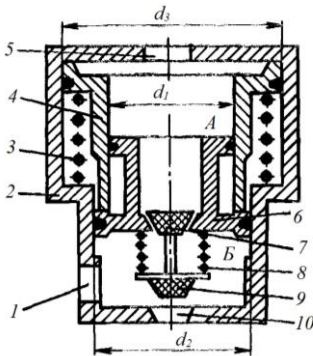
А – контрольний вивід контуру IV; В, Е – клапани контрольних виводів III контуру;
 3 – вивід контрольний контуру I; D – вивід контрольний контуру II; N – магістраль
 гальмівна керуюча двопровідного приводу; P – магістраль сполучна однопровідного
 приводу; R – магістраль двопровідного приводу, що живить повітрям; 1 – камери
 гальмові типу 24x24; 2 – кран керування стоянковою гальмівною системою; 3 – кран
 аварійного розгальмування стоянково-гальмівної системи, 4 – кран керування
 допоміжною гальмівною системою; 5 – манометр двострілочний; 6 – лампи
 контрольні та звуковий сигналізатор; 7 – клапан контрольних виводів; 8 – клапан
 обмеження тиску; 9 – компресор; 10 – пневмоциліндр привода важеля зупинення
 двигуна; 11 – регулятор тиску; 12 – запобіжник від замерзання; 13 – клапан подвійний
 захисний; 14 – датчик вмикання електромагнітного клапана гальмівного механізму
 причепа; 15 – батареї акумуляторні; 16 – кран двосекційний гальмівний; 17 – клапан
 потрійний захисний; 18 – датчик падіння тиску в ресивері; 19 – крани злива
 конденсату; 20 – ресивер конденсаційний; 21 – клапан відбору повітря; 22 – ресивери
 контуру II; 23 – пневмоциліндр привода заслінки допоміжної гальмівної системи;
 24, 25 – ресивери I і III контурів; 26 – камери гальмові типу 20x20; 27 – датчик
 вмикання контрольної лампи стоянкової гальмівної системи; 28 – енергоакумулятори;
 29 – клапан прискорювальний; 30 – регулятор автоматичний гальмівних сил;
 31 – клапан керування гальмівними механізмами причепа з двопровідним приводом;
 32 – клапан двомагістральний; 33 – датчик вмикання сигналу гальмування;
 34 – клапан керування гальмівними механізмами причепа з однопровідним приводом;
 35 – клапан одинарний захисний; 36 – ліхтарі задні; 37 – крани роз'єднання;
 38, 39 – з'єднувальні голівки типу А і «Палм»

Рисунок 4.8 – Пневматичний привід гальмівних механізмів автомобіля категорії М3



- 1 – модулятор ЕПП з датчиком тиску повітря; 2 – блок керування;
 3 – гальмова камера; 4 – електричний роз'єм ЕПП; 5 – датчик АБС/ПБС;
 6 – комбінований електропневматичний гальмівний кран; 7 – датчик АБС;
 CAN – мережа контролерів

Рисунок 4.9 – Схема електропневматичного гальмового привода автомобіля-тягача



- 1, 5, 10 – отвори руху повітря; 2 – корпус; 3, 8 – пружини; 4, 6 – поршні; 7, 9 – клапани

Рисунок 4.10 – Схема і статична характеристика клапана-обмежувача тиску

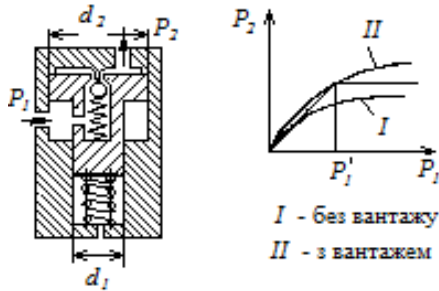


Рисунок 4.11 – Схема і статична характеристика статичного регулятора гальмівних сил з пропорційним клапаном

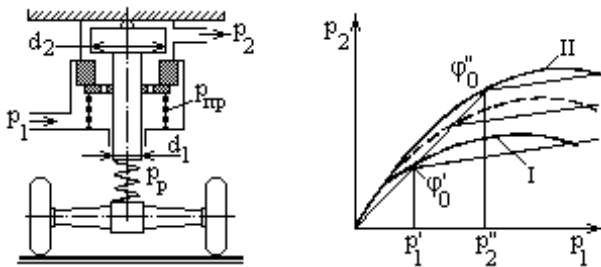
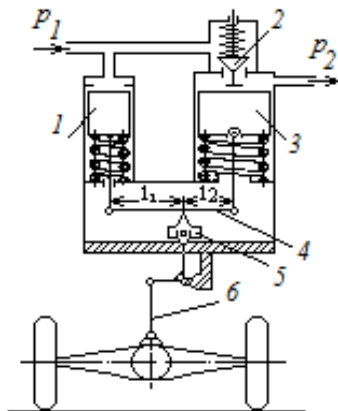
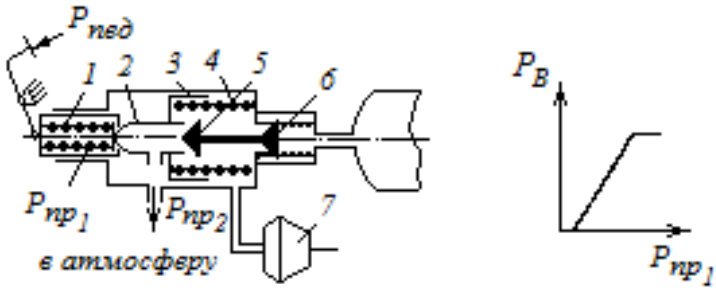


Рисунок 4.12 – Схема і статична характеристика динамічного регулятора з пропорційним клапаном

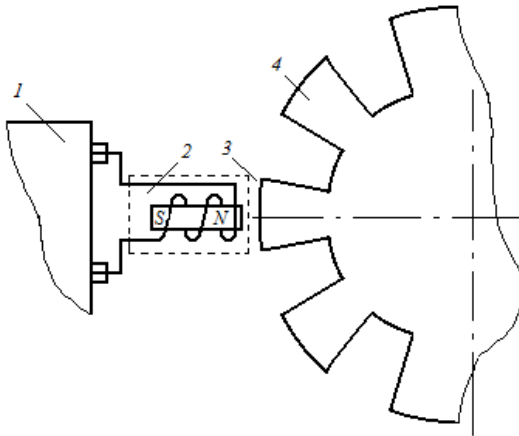


1, 3 – поршні; 2 – клапан; 4 – коромисло; 5 – повзун; 6 – важільна система
Рисунок 4.13 – Схема променевого регулятора гальмівних сил для гідроприводу



1, 4 – пружини; 2 – шток з порожниною; 3 – сідро клапана; 5 – атмосферний клапан;
6 – клапан стисненого повітря; 7 – гальмова камера

Рисунок 4.14 – Схема і характеристика роботи гальмівного крана прямої дії

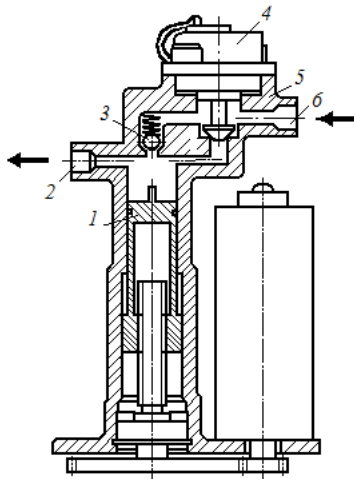


1 – електронний блок процесора гальм; 2 – датчик швидкості; 3 – повітряний просвіт;
4 – зубчасте колесо

Рисунок 4.15 – Схема електромагнітного датчика швидкості

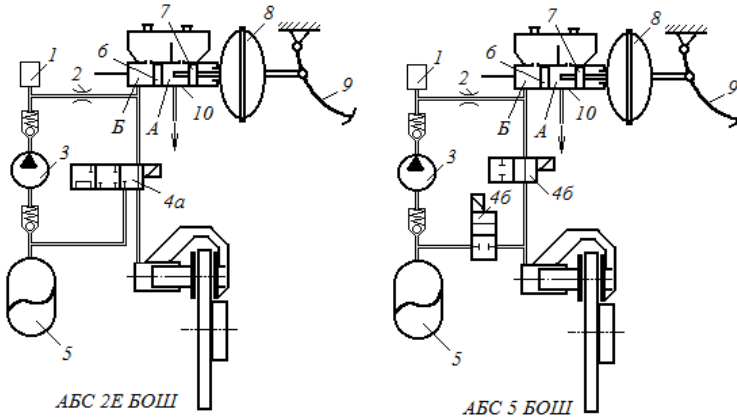


Рисунок 4.16 – Сигнали входу і виходи електронного блока керування гальмуванням



1 – поршень секції модулятора тиску; 2 – штуцер з'єднання з робочим гальмовим циліндром; 3 – клапан роз'єднувальний клапан; 4 – гідроелектричний клапан; 5 – секція гідравлічного модулятора тиску з блоком електроприводу; 6 – штуцер з'єднання з головним циліндром

Рисунок 4.17 – Секція гідравлічного модулятора тиску АБС



1 – демпфуюча камера; 2 – дросель; 3 – зворотний насос; 4а – трипозиційний гідророзподільвач; 4б – двопозиційний розподільвач; 5 – накопичувальна камера; 6, 7 – поршні головного циліндра; 8 – вакуумний підсилювач; 9 – педаль; 10 – головний циліндр

Рисунок 4.18 – Схеми гальмівних контурів АБС різних версій фірми BOSH для легкових автомобілів

Гальмо-сповільнювач [9]

Гальмо-сповільнювач, ретардер (англ. retarder) – пристрій, призначений для зниження швидкості автомобіля без задіяння основної гальмівної системи.

На вантажних автомобілях застосовуються в основному гідравлічні та електромагнітні гальма-сповільнювачі.

Гідравлічне гальмо-сповільнювач являє собою пристрій з дволопатевих коліс: нерухомого статора (С) і рухомого (Р) ротора з приводом від трансмісії (Т) автомобіля (рис. 4.19).

Гальмо-сповільнювач (ретардер) працює за принципом гідромуфти, але в якості робочого тіла використовується не олива, а охолоджуюча рідина двигуна. Гальмо встановлюється спереду двигуна і з'єднане з його колінчастим валом. При непрацюючому ретардері (педаль гальма не натиснута) потік рідини направляється помпою в систему охолодження двигуна.

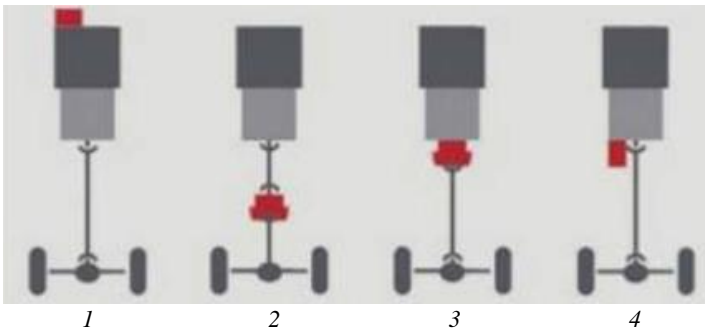
При вмиканні ретардера (педаль гальма натиснута) потік рідини спрямовується в корпус ретардера, забезпечуючи обертання його ротора і, відповідно, циркуляцію рідини між ротором і статором.

Гальмівний момент ретардера є наслідком динамічного напору циркулюючої рідини між статором і ротором.



С – статор; Р – ротор; В – циркуляція рідини; Т – трансмісія
Рисунок 4.19 – Гідралічне гальмо-сповільнювач

Гальма-сповільнювачі поділяються на первинні та вторинні ретардери (рис. 4.20). Первинний ретардер 1 встановлюється спереду двигуна з приводом від колінчастого валу двигуна, вторинні на головній передачі 2 або на задньому мосту, на вторинному валу коробки передач 3 або об'єднаний з нею 4.



1 – первинний ретардер; 2, 3, 4 – вторинні ретардери
Рисунок 4.20 – Схема установки ретардера у вантажному автомобілі

Перспективні напрямки розвитку гальмівних систем [9]

Сучасні антиблокувальні системи ABS поклали початок появи інших електронних систем у гальмівній системі. Стало загальноприйнятим називати такі системи EBM (Electronic Brake Management) – електронне керування гальмами. Іноді застосовується інший термін DBC (Dynamic Brake Control) – динамічний контроль гальмування. Будь-яка система ABS починає працювати після того, як заблокується хоча б одне з коліс. При русі автомобіля відбувається зміна вертикальних навантажень, що припадають на окремі колеса. Чим більше навантаження, тим більше гальмівне зусилля може розвинути гальмуюче колесо.

Якщо враховувати перерозподіл вертикальних навантажень, то можна істотно підвищити як ефективність гальмування, так і стійкість автомобіля при гальмуванні. Для цього автомобіль повинен мати надійні датчики, що визначають розподіл вертикальних навантажень по осях і бортах автомобіля, комп'ютер і відповідне програмне забезпечення. Як виконавчий пристрій можуть використовуватися вже існуючі сьогодні модулятори ABS.

Іншим напрямком удосконалення гальмівної системи є застосування систем EBA (Electronic Brake Assist) – електронна система допомоги гальмуванню.

Система EBA вперше була представлена на автомобілях Mercedes, а пізніше з'явилася і на автомобілях інших фірм. Ця система забезпечує максимально можливу ефективність при екстремому гальмуванні.

Нарівні з такими системами, що стали вже звичними ABS – антиблокувальною системою, DSC – системою підтримки стійкості та ETS – протибуксувальною системою, ще є додаткові:

- HDC (Hill Descent Control) – система автоматичного пригальмовування на спуску;
- EBD (Electronic Brake Distribution) – електронний розподіл гальмівних сил по осях автомобіля;
- CBC (Cornering Brake Control) – система розподілу гальмівних сил по бортах автомобіля на поворотах;
- EBA (Electronic Brake Assist) – система для екстремого гальмування;
- ABA (Active Brake Assist) – активна система гальмування.

Роботою додаткових систем керує один електронний блок, з'єднаний комунікаційними лініями з блоками ABS, DSC і ETS.

Гальмівні системи автомобілів можуть стати ще більш досконалими при широкому застосуванні так званих систем гальмування по дротах (BBW – Brake By Wire). У такій системі механічний зв'язок між гальмівною педаллю і виконавчими пристроями відсутній, а командний сигнал від водія передається по кабелю. Система BBW може бути повністю електричною, з електромеханічними гальмівними механізмами або комбінованою, в якій використовуються електрогідравлічні пристрої.

Автомобілі з повністю електричною системою BBW мають цілий ряд переваг:

- зменшення гальмівного шляху;
- регульована гальмова педаль (можна регулювати її положення під конкретного водія);
- відсутність вібрацій на педалі;
- безшумність роботи;
- відсутність гідравліки;
- менша кількість деталей, компактність;
- зниження ушкоджень при аварії;
- простота зборки;
- здатність забезпечити виконання всіх функцій найбільш досконалих систем ABS, DSC, ETS, HDS, EBA й т. д.;
- електронне стоянкове гальмо та ін.;
- добре поєднується з перспективними системами керування транспортом.

Стоянкові системи з електронним керуванням вже не є справою майбутнього. Деякі виробники випускають такі пристрої і вони можуть бути встановлені на існуючі автомобілі.

Такі системи бувають двох типів – прості та автоматичні АРВ. У першому випадку виконавчий агрегат, що складається з електродвигуна, редуктора і блоку керування, вбудовується в привод керування гальмівної системи, і водій керує його роботою за допомогою кнопки. При автоматичній роботі паркувальна система вмикається при кожній зупинці автомобіля і вимикається, коли водій натискає педаль «газу». Такі стоянкові системи вже серійно встановлюються на деяких моделях легкових автомобілів.

Використання систем ВВW дає можливість легко поєднувати їх з системами керування транспортом, що розробляються, в яких може використовуватися «інтелектуальний» круїз-контроль, коли система сама підтримує безпечну відстань в потоці транспорту і втручається в роботу гальмівної системи, забезпечуючи при необхідності повну зупинку автомобіля.

Домашнє завдання

Дайте письмову відповідь на питання стосовно гальмівної системи автомобіля у відповідності до варіанту завдання:

- тип приводу гальмівної системи;
- схема приводу гальмівних механізмів коліс;
- тип гальмівних механізмів передніх і задніх коліс;
- робочий тиск у приводі гальмівної системи;
- матеріали гальмового барабана (диска) і фрикційної накладки;
- марка гальмівної рідини;
- величина розрідження у вакуумному (гідровакуумному) підсилювачі;
- призначення і величина вільного ходу гальмової педалі;
- тип і місце розміщення стоянкового гальма;

Наведіть зображення приводу гальмівної системи та накресліть принципову схему компонування гальмівного механізму. Приклад наведено на рисунку 4.3 та за текстом лекції.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які вимоги висуваються до гальмівних систем сучасних автомобілів?
2. Сформулюйте призначення і принцип роботи окремих елементів гальмівних систем з різним типом приводу.
3. Які існують конструктивні варіанти гідравлічного гальмового приводу?
4. Наведіть приклади застосування двох, трьох варіантів гідравлічного гальмового приводу в конструкціях автомобілів категорії М1.
5. У чому полягає принцип дії запасних гальмівних систем з пневматичним приводом і пружинним енергоакумулятором?

6. Які контури входять до складу пневматичного приводу гальм?

7. У чому полягає принцип дії вакуумних і пневматичних підсилювачів?

8. Наведіть приклади застосування двох, трьох варіантів пневматичного гальмового приводу в конструкціях автомобілів категорії N3.

Література: [3], с. 295–316; [5], с. 314–338; [6], с. 241–276; [7], с. 200–238; [8], с. 206–219; [9], с. 205–224.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Кубіч В. І. Конструкції рульового керування автомобілів : навч. посіб. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 227 с.
2. Кубіч В. І. Особливості конструкції всюдихідних комбінованих колісних рушіїв : навч. посіб. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 195 с.
3. Кубіч В. І., Слинко Г. І. Складові частини об'єктів транспортного машинобудування : навч. посіб. 2-ге вид., переробл. і доп. / В. І. Кубіч, Г. І. Слинко – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 363 с.
4. Кубіч В. І. Ходова частина гусеничних машин : навч. посіб. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 247 с.
5. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. Будова й експлуатація автомобілів : підручник. 6-те вид. – К. : Либідь, 2006. – 400 с.
6. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів / В. І. Сирота. 2-ге вид., перероб. та доп. – Київ : Арістей, 2006. – 280 с.
7. Лебедев А. Т. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі : навч. посіб. / А. Т. Лебедев, В. М. Антощенко, М. Ф. Бойко та ін. ; за ред. проф. А. Т. Лебедева – К. : Вища освіта, 2004. – 336 с.
8. Будова автомобіля : навч. посіб. / А. І. Панченко, А. А. Волошина, О. В. Болтянський, І. І. Мілаєва, І. А. Панченко, А. А. Волошин – Мелітополь : ВПЦ «Люкс», 2021. – 247 с.
9. Автомобіль вантажний. Сучасні конструкції : підручник для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / А. Т. Лебедев, В. Д. Мигаль, І. О. Шевченко, М. Л. Шуляк ; за ред. проф. А. Т. Лебедева; ХНТУСГ. – Харків : ТОВ «Планета-Прінт», 2021. – 369 с.
10. ДСТУ 8816:2018: Шини пневматичні для легкових автомобілів та причепів до них. Загальні технічні умови. Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2019.
11. ДСТУ 8815:2018: Шини пневматичні для вантажних колісних транспортних засобів та причепів до них. Загальні технічні умови. Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2019.
12. ДСТУ 8730:2017: Шини з регульованим тиском. Загальні технічні вимоги. Загальні технічні умови. Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2019.
13. ДСТУ ISO 4000-1:2018 (Частина 1): Шини та ободи для легкових автомобілів (метричні серії). (ISO 4000-1:2015, IDT). Київ. ДП «УкрНДНЦ». 2018.

Додаток А

Вибір теми домашнього завдання

Таблиця А.1 – Номер завдання і перелік базових моделей вітчизняних автомобілів

| № завдання | Тип автомобіля | № завдання | Тип автомобіля |
|------------|-------------------------|------------|---------------------|
| 1 | Легковий, кат. А, бенз. | 9 | Вантажн., N1, бенз. |
| 2 | Легковий, кат. В, бенз. | 10 | Вантажн., N2, бенз. |
| 3 | Легковий, кат. С, бенз. | 11 | Вантажн., N1, диз. |
| 4 | Легковий, кат. D, бенз. | 12 | Вантажн., N2, диз. |
| 5 | Легковий, кат. А, диз. | 13 | Вантажн., N3, диз. |
| 6 | Легковий, кат. В, диз. | 14 | Автобус, M2, бенз. |
| 7 | Легковий, кат. С, диз. | 15 | Автобус, M2, диз. |
| 8 | Легковий, кат. D, диз. | 16 | Автобус, M3 |

Таблиця А.2 – Варіанти завдань

| Номер лаб-ної роботи ² | Номер варіанта ¹ | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| | 1 14 | 2 15 | 3 16 | 4 17 | 5 18 | 6 19 | 7 20 | 8 21 | 9 22 | 10 23 | 11 24 | 12 25 | 13 26 |
| | Номер завдання (див. табл. А.1) | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 2 | 14 | 15 | 16 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 1 | 2 | 3 | 4 |

Примітки:

¹Номер варіанта відповідає порядковому номеру студента в груповому журналі.

²Варіанти завдань до лабораторних робіт 5 і 6 приведені в тексті методичних вказівок.