

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

В. І. Кубіч

**КОНСТРУКЦІЇ РУЛЬОВОГО
КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ**

Навчальний посібник

Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» • 2023

УДК 629.1.01
К 88

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Національний університет «Запорізька політехніка»
(Протокол № 3 від 06.11.2023 р.)*

Рецензенти:

Дмитрів В.Т. – д.т.н, професор, завідувач кафедри проектування машин та автомобільного інжинірингу Національного університету «Львівська політехніка».

Монастирський Ю.А. – д.т.н, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту Криворізького національного університету.

Калінін Є.І. – д.т.н, професор, завідувач кафедри тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Кубіч В. І.

К88 Конструкції рульового керування автомобілів : навч. посіб. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – 227 с.

ISBN 978-617-529-441-3

Навчальний посібник містить відомості про конструктивне виконання складових частин рульового керування автомобілів у відповідності з ознаками їх класифікації. Наведено порядок взаємодії між окремими елементами конструкції рульових механізмів та підсилювачами рульового керування при здійсненні в них робочих процесів. Приділена увага особливостям виконання всеколісного керування спеціальних машин. Посібник призначений для здобувачів вищої освіти освітнього рівня бакалавр, які навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування за освітніми програмами «Експлуатація, випробування та сервіс автомобілів та тракторів», «Колісні та гусеничні транспортні засоби», «Двигуни внутрішнього згорання». Наведені свідчення можуть використовуватися магістрантами та аспірантами в процесі роботи над кваліфікаційними науковими працями як довідковий матеріал.

УДК 629.1.01

ISBN 978-617-529-441-3

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2023
© Кубіч В. І., 2023

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	6
1 Терміни і визначення.....	8
2 Загальні відомості про рульове керування.....	16
2.1 Вимоги, що пред'являються до рульового керування..	16
2.1.1 Вимоги до надійності та безпеки.....	16
2.1.2 Економічні вимоги.....	18
2.1.3 Вимоги, що визначаються умовами керування автомобілем.....	18
2.2 Призначення, загальний пристрій.....	19
2.3 Класифікація рульових керувань.....	20
2.3.1 Загальна класифікація.....	20
2.3.2 Класифікація рульових механізмів.....	25
2.3.3 Класифікація рульових приводів.....	26
2.3.4 Класифікація рульових підсилювачів.....	27
2.4 Способи керування.....	27
2.5 Система позначень.....	29
2.6 Основні схеми керувань.....	30
2.6.1 Рульові керування автомобілів з керованими колесами.....	30
2.6.2 Рульові керування зчленованих автомобілів.....	36
2.6.3 Рульові керування автомобілів з неповоротними колесами.....	39
2.7 Основні технічні параметри оцінки рульового керування.....	42
2.8 Параметри оцінки рульового механізму.....	45
3 Рульові механізми.....	51
3.1 Загальна будова та вимоги до конструкції.....	51
3.2 Механізми з шестеренними передачами.....	51
3.3 Механізми з гвинтовою передачею.....	58
3.3.1 Гвинтова передача з кривошипом.....	59
3.3.2 Гвинтова передача з важелем.....	61
3.3.3 Гвинтова передача з рульовим валом, що гойдається.....	63
3.3.4 Гвинтова передача з обертовою гайкою.....	65
3.3.5 Гвинтова передача з комбінованими передачами	67

3.3.6 Гвинтова передача з двоплечим важелем.....	69
3.4 Механізми з кривошипною передачею.....	71
3.5 Механізми з черв'ячною передачею.....	75
3.6 Енергопоглинаючі та протиугонні пристрої.....	78
4 Підсилювачі рульового керування.....	85
4.1 Призначення, загальний пристрій та вимоги, що пред'являються до конструкції.....	85
4.2 Ознаки класифікації та їх коротка характеристика.....	87
4.3 Оцінка компонувальних схем.....	90
4.4 Принцип дії підсилювачів.....	94
4.4.1 Розподільник з безперервною подачею робочого середовища.....	95
4.4.2 Розподільник з періодичною подачею робочого середовища.....	95
4.5 Пневматичні підсилювачі.....	98
4.6 Електричні підсилювачі.....	102
4.7 Гідравлічні підсилювачі.....	104
4.8 Елементи конструкції підсилювачів.....	111
4.8.1 Розподільник підсилювача у рульовому механізмі.....	111
4.8.2 Розподільник підсилювача у рульовому приводі... ..	116
4.8.3 Центруючий елемент.....	123
4.8.4 Реактивний пристрій.....	127
4.9 Джерела живлення підсилювачів.....	131
4.10 Підсилювачі з інтегрованими спеціальними пристроями.....	140
4.10.1 Підсилювачі з гідрогазовими акумуляторами.....	140
4.10.2 Підсилювачі з корекцією зусилля на рульовому колесі.....	142
4.10.3 Підсилювачі з кроковими гідроприводами.....	146
4.11 Двоконтурний підсилювач.....	149
5 Амортизатори рульового керування.....	153
5.1 Загальні відомості.....	153
5.2 Амортизатори для легкових, вантажопасажирських і вантажних автомобілів малої вантажопідйомності.....	156

5.3 Амортизатори для вантажних автомобілів середньої, великої і дуже великої вантажопідйомності.....	159
5.4 Амортизатори із опором, що залежить від ходу переміщення.....	159
6 Рульові колонки.....	162
6.1 Вали рульового колеса легкових автомобілів.....	162
6.2 Вали рульового колеса вантажних автомобілів.....	167
6.3 Труба рульової колонки.....	167
6.4 Кріплення валу рульового колеса.....	171
6.5 Елементи з'єднання валу рульового колеса з рульовим механізмом.....	174
6.5.1 Пружні дискові муфти для малих кутів між валами.....	174
6.5.2 Пружні дискові муфти для великих кутів між валами.....	175
6.5.3 Карданні шарніри.....	177
6.6 Пристрої регулювання положення рульових колонок..	177
Перелік посилань.....	188
Додатки.....	191
А. Машини з усіма керованими колесами.....	191
Б. Механізм узгодження повороту керованих коліс всеколісного рульового керування.....	199
В. Подвійний рульовий механізм з зупинкою для автомобіля з усіма керованими колесами.....	202
Г. Автомобілі (спеціальні машини) з неповоротними колесами	205
Д. Система примусового керування поворотом кар'єрного самоскида БелАЗ-7513В.....	207
Е. Активне рульове керування.....	210
Ж. Електромеханічне рульове керування автомобілів Audi A3, Volkswagen Touran.....	218

ВСТУП

Отримання системних знань та розумінь щодо застосування елементарних деталей машин в складових частинах рульового керування, які забезпечують рух автомобілів у відповідних напрямках при використанні їх за призначенням представляються як очікувані результати навчання. При цьому процес формування у здобувачів вищої освіти фахових компетенцій за освітніми програмами спеціальності 133 Галузеве машинобудування та споріднених спеціальностей передбачає здатність:

- демонструвати знання і розуміння призначення та класифікації рульових механізмів, рульових приводів, підсилювачів рульового керування, їх відповідних варіантів конструктивного виконання в автомобілях різного призначення;

- демонструвати знання та розуміння типових і оригінальних технічних рішень, які застосовуються в системах рульового керування у вітчизняному та закордонному машинобудуванні;

- розуміти та враховувати тенденції розвитку конструкцій рульового керування автомобілів;

- здійснювати аналіз переваг й недоліків як окремих елементів рульового керування, так і їх в цілому, а також давати їм порівняльні оцінки.

Особливості конструктивного виконання окремих елементів рульового керування багато у чому визначає експлуатаційні властивості автомобілів під час використання за призначенням з урахуванням вимог сучасності. Тому питання знання основ конструкції рульового керування здобувачами вищої освіти заслуговує окремої уваги при здобутті сучасного освітнього рівня.

За основну мету при складанні навчального посібника ставилося наведення відомостей про конструкцію окремих елементів існуючих рульових керувань у відповідності з ознаками їх класифікації, варіативним виконанням та застосуванням у колісних автомобілях і машинах різного функціонального призначення. При цьому акцент ставився на систематизацію широкого кола відомих елементів конструкцій та її доповнення технічними рішеннями, які викладені у патентних джерелах інформації.

Викладений матеріал носить, у більшій мірі, описовий характер свідчень з різних джерел інформації та не містить результатів власних пошукових досліджень за тематикою, що розглядається.

Наведене у посібнику має досить багатий ілюстративний матеріал як про окремі елементи рульових механізмів, рульових приводів, підсилювачів рульового керування, так і схем компонування, що відображає їх особливості конструкції.

Відомості, що наведені в навчальному посібнику, представляються:

- по-перше, академічними, так як спрямовані на формування у здобувачів вищої освіти розширених уявлень та знань про конструктивне виконання елементів конструкції рульових керувань та порядку взаємодії між ними;

- по-друге, науково-пізнавальними та можуть стати відправною точкою для формування своїх поглядів на вирішення тієї чи іншої проблемної задачі у галузі машинобудування.

Поданий матеріал пропонується до використання як базова література для проведення викладачами лекційних занять за темами робочих програм дисциплін «Автомобілі. Основи конструкції», «Ходова частина та системи керування автомобілем», тем модуля «Будова складових частин машин» робочої програми «Машини з двигунами внутрішнього згорання» зі здобувачами вищої освіти за освітнім рівнем бакалавр, які навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування (освітні програми: «Колісні та гусеничні транспортні засоби», «Експлуатація, випробування і сервіс автомобілів і тракторів», «Двигуни внутрішнього згорання». Навчальний матеріал рекомендується також до використання під час самостійної підготовки (дистанційне навчання).

Посібник може використовуватися в процесі навчання здобувачів вищої освіти інших спеціальностей галузевого машинобудування та автомобільного транспорту при розгляді окремих питань робочих програм дисциплін.

Автор не претендує на істину в першій інстанції та буде вдячний усім, хто знайде можливість висловити свої зауваження і побажання щодо викладеного матеріалу.

1 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

Автомобіль – колісний транспортний засіб, який урухомлюється джерелом енергії, має не менше ніж 4 колеса, призначений для руху безрейковими дорогами і використовується для перевезення людей та (чи) вантажів, буксирування транспортних засобів, виконання спеціальних робіт [6].

Аварійна система рульового керування – система, яка використовується у разі відмови робочого енергетичного джерела (джерел) системи рульового керування або у разі зупинки двигуна [8].

Гідравлічний рульовий привід – рульовий привід, що включає гідравлічний пристрій [3].

Гідравлічний підсилювач рульового приводу – підсилювач рульового приводу автомобіля з використанням енергії тиску рідини [3].

Допоміжний механізм рульового керування – механізм з приводом на колеса осі (осей) транспортних засобів категорій М і N, що доповнює рульове керування з приводом на колеса, на які припадає основний елемент керування, що не є виключно електричним, гідравлічним або пневматичним, що забезпечує поворот коліс у тому ж або зворотному напрямку по відношенню до коліс, на які припадає основний елемент керування, та/або дозволяє регулювати кут повороту передніх, центральних та/або задніх коліс залежно від повороту транспортного засобу [1].

Джерело енергії – частина пристрою енергоживлення, яка виробляє необхідний вид енергії, наприклад, гідравлічний або пневматичний насос [1].

Зчленований механізм рульового керування – механізм, при якому рульове зусилля забезпечується за рахунок зміни напрямку руху транспортного засобу, при цьому поворот керованих коліс причіпної ланки повністю визначається кутом

між поздовжніми осями буксируючого транспортного засобу і причіпної ланки [1].

Зусилля на рульовому колесі – сила, що діє на орган рульового керування з метою зміни напрямку руху транспортного засобу [1].

Зусилля керування – необхідне зусилля, з яким оператор впливає на керуючий елемент системи рульового керування для зміни руху машини [8].

Колісний транспортний засіб – транспортний засіб, призначений для руху безрейковими дорогами, за допомогою якого перевозять людей і (або) вантажі, а також перевозять і приводять у дію під час руху чи на місці встановлене на ньому обладнання чи механізми для виконання спеціальних робочих функцій, допущений до участі в дорожньому русі [6].

Керовані колеса – колеса, положення яких по відношенню до поздовжньої осі транспортного засобу може змінюватися безпосередньо або через будь-які механізми з метою зміни напрямку руху транспортного засобу. (До керованих коліс відноситься вісь, на якій вони обертаються і задають таким чином напрямок руху транспортного засобу) [1,8].

Коло повороту – коло, у межах якого перебувають проекції всіх точок транспортного засобу на площину ґрунту під час руху транспортного засобу по колу, крім зовнішніх дзеркал і передніх покажчиків повороту [1].

Кут повороту – кут між проекцією поздовжньої осі транспортного засобу та лінією перетину площини колеса, яка є центральною площиною шини, перпендикулярною до осі обертання колеса і поверхні дороги [1].

Кут повороту – загальний кут повного відхилення, що вимірюється між передніми та задніми колесами при їх переміщенні щодо однієї або більше вертикальних осей із

положення звичайного прямолінійного руху в положення повороту [8].

Керуючий елемент системи рульового керування – засіб, що використовується оператором для передачі командного сигналу системі рульового керування для виконання бажаного напрямку руху машини [8].

Комбінований механічний рульовий привід – рульовий привід, в якому одна частина рульового зусилля передається повністю механічними засобами, а решта зусиль наступними засобами: гідравлічними – механічно-гідравлічними або електричними – механічно-електричними, або пневматичними – механічно-пневматичними [1].

Номінальний радіус органу рульового керування – у випадку з рульовим колесом – найкоротша відстань від центру обертання до зовнішньої кромки обода. У разі будь-якого іншого органу рульового керування радіус означає відстань між центром обертання такого органу і точкою докладання зусилля до цього органу керування. Якщо кількість таких точок перевищує одну, то в розрахунок приймається точка, що вимагає докладання найбільших зусиль [1].

Номінальний радіус рульового колеса – розмір, який за наявності рульового колеса є найкоротшою відстанню від центра обертання до зовнішньої крайки обода [5].

Механічний рульовий привід – рульовий привід, що включає тільки механічні пристрої [3].

Механізм рульового керування з приводом на передні колеса – механізм, при якому поворотними є лише колеса, розташовані на передній осі (осях). До нього входять усі колеса, що повертаються в одному напрямку [1].

Механізм рульового керування з приводом на задні колеса – механізм, при якому керованими є лише колеса,

розташовані на задній осі (осях). До нього входять усі колеса, що повертаються в одному напрямку [1].

Механізм рульового керування з приводом на кілька коліс – механізм, при якому керованими є колеса, встановлені на одній або більше передніх та задніх осях [1].

Механізм рульового керування з приводом на всі колеса – механізм, при якому керовані всі колеса [1].

Механізм рульового керування з підвіскою – механізм, у якому переміщення всіх взаємозалежних деталей ходової частини безпосередньо забезпечується з допомогою рульового зусилля [1].

Механізм рульового керування, що саморегулюється – система, конструкція якої дозволяє змінювати кут повороту одного або більше коліс тільки під впливом сил та/або моментів сили, що додаються для приведення шини в контакт з дорогою [1].

Незалежний механізм рульового керування – механізм, при якому рульове зусилля забезпечується за рахунок зміни напрямку руху буксируючого транспортного засобу, при цьому поворот керованих коліс причепа безпосередньо залежить від відносного кута між поздовжньою віссю рами причепа або несучої конструкції, що її замінює, і поздовжньою віссю підрамника, на якому кріпиться вісь (осі) [1].

Орган рульового керування – частина рульового механізму, який служить для керування ним і який може приводитися в дію за допомогою або без допомоги безпосереднього впливу водія. До органів керування рульовим механізмом, в якому рульові зусилля частково або повністю забезпечуються за рахунок м'язової сили водія, відносяться всі елементи, розташовані вище тієї точки, в якій рульові зусилля перетворюються за допомогою механічних, гідравлічних або електричних пристроїв [1].

Обід рульового колеса – квазіторіадальне зовнішнє кільце рульового колеса, за яке зазвичай тримається водій при керуванні транспортним засобом [4].

Пневматичний підсилювач рульового приводу – підсилювач рульового приводу автомобіля з використанням енергії стисненого повітря [3].

Повнопривідне рульове керування – керування, в якому рульове зусилля забезпечується виключно за рахунок одного або більше пристроїв енергоживлення [1].

Повністю механічний рульовий привід – рульовий привід, в якому рульове зусилля повністю передається механічними засобами [1].

Повністю гідравлічний рульовий привід – рульовий привід, у тій чи іншій частині якого рульове зусилля передається тільки гідравлічними засобами [1].

Повністю електричний рульовий привід – рульовий привід, у тій чи іншій частині якого рульове зусилля передається тільки електричними засобами [1].

Підсилювач рульового приводу автомобіля – частина рульового приводу, що служить для створення додаткового зусилля з метою полегшення керування автомобілем [3].

Пристрій енергоживлення – елементи рульового механізму (керування), що забезпечують його енергією, регулюють її подачу, а також у відповідних випадках призначені для її вироблення та акумулювання. До його складу також входять будь-які резервуари для робочого тіла та лінії (трубопроводи) повернення, за винятком двигуна транспортного засобу або його з'єднань із джерелом енергії [1].

Рульове керування автомобіля – сукупність механізмів автомобіля, що забезпечують його рух по заданому водієм напрямку [3].

Рульове керування – система механізмів і пристроїв, що служать для повороту керованих коліс автомобіля [9].

Рульовий механізм – частина рульового керування автомобіля, що здійснює передачу зусиль, які відводяться до рульового приводу [3].

Рульовий механізм – механізм рульового керування автомобіля, що служить для збільшення зусилля, що передається від рульового колеса до керованих коліс [9].

Рульовий привід – частина рульового керування автомобіля, що здійснює передачу зусиль від рульового механізму до керованих коліс автомобіля [3].

Рульова трапеція – частина рульового приводу автомобіля, що забезпечує необхідне співвідношення між кутами повороту керованих коліс [3].

Рульова трапеція – система важелів та тяг, що з'єднують керовані колеса автомобіля [9].

Рульова передача – всі елементи рульового керування, що служать для передачі зусилля від органів керування на керовані колеса; до неї відносяться всі елементи, що розташовані нижче тієї точки, в якій рульове зусилля перетворюється за допомогою механічних, гідравлічних або електричних пристроїв [1].

Рульова пара – дві деталі з поверхнями відповідних профілів, які служать для перетворення кінематичних та силових параметрів рухів, що передаються ними.

Рульове зусилля – всі сили, що діють у рульовому механізмі [3].

Рульове колесо – керуючий елемент у формі кола або сегмента кола, що використовується для передачі сигналу кута повороту керованим колесам [8].

Ручне рульове керування – керування, при якому рульове зусилля забезпечується виключно за рахунок м'язової сили водія [1,8].

Рульове керування з підсилювачем – керування, при якому рульове зусилля забезпечується як за рахунок м'язової сили водія, так і за рахунок пристрою (пристроїв) енергоживлення. Рульове керування, в якому рульове зусилля забезпечується у разі справного діючого рульового механізму виключно за рахунок одного або більше пристроїв енергоживлення. Але, якщо у разі його виходу з ладу, рульове зусилля може забезпечуватися за рахунок м'язової сили водія, то таке керування також вважається рульовим керуванням з підсилювачем [1,8].

Рульове керування шарнірно-зчленованою рамою – рульове керування, у якому рух частин шасі одна відносно одної спричиняють безпосередньо сили керування [5].

Робоче енергетичне джерело системи рульового керування – засіб забезпечення енергій процесу керування в системах рульового керування з підсилювачем та системах з силовим приводом, наприклад гідравлічний насос, повітряний компресор, електрогенератор [8].

Рульовий вал – елемент, який передає механізму рульового керування момент обертання, прикладений до рульового колеса [4].

Рульова колонка – запобіжний кожух рульового валу [4].

Рульова сошка – важіль рульового приводу автомобіля, що передає рух від рульового механізму до поздовжньої рульової тяги [9].

Система рульового керування – рульове колесо, рульова колонка, кожух рульового валу, рульовий вал, рульовий механізм, а також інші елементи, що сприяють поглинанню енергії при ударі у рульовому керуванні [4].

Система рульового керування – система, що включає в себе всі елементи колісної машини, розташовані між оператором і колесами, що контактують із землею і беруть участь у керуванні машиною [8].

Сумарний кутовий проміжок рульового керування – сумарний кут, на який повертається рульове колесо під дією нормативного зусилля, що діє у протилежних напрямках, за умови відсутності повороту керованих коліс колісного транспортного засобу [6].

Сумарний кутовий зазор рульового керування – кут повороту рульового колеса від положення, що відповідає початку повороту керованих коліс КТЗ в одну сторону, до положення, що відповідає початку їх повороту в протилежну сторону [2].

Сили керування – усі сили, які діють у рульовому приводі [5].

Система рульового керування із силовим приводом – система, яка використовує для керування одне або кілька енергетичних джерел [8].

Середнє передавальне сисло рульового механізму – відношення кутового зміщення рульового колеса до середнього робочого кута повороту керованих коліс від упору до упору [1].

Електричний рульовий привід – рульовий привід, що включає електричний пристрій [3].

Час керування – період з моменту приведення в дію органу рульового керування до моменту встановлення керованих коліс під необхідним кутом повороту [1].

2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ

2.1 Вимоги, що пред'являються до рульового керування

2.1.1 Вимоги до надійності та безпеки

Слід зазначити, що під час експлуатації автомобілів різного призначення при блокуванні рульового керування, руйнуванні окремої деталі вони становляться некерованими, проте аварії неминучими. У зв'язку з цим, надійність усіх деталей рульового керування, як і гальмового керування під час використання автомобілей за призначенням, відіграє виключну роль. Тому вимоги до надійності та безпеки слід враховувати не тільки під час конструктивного вдосконалювання окремих складових рульового керування автомобілів, але і під час здійснювання заходів забезпечення їх безаварійної експлуатації.

Надійність всіх різьбових з'єднань повинна бути забезпечена контргайками, шплінтами, стопорними шайбами або гайками, що самоконтряться.

Матеріали для всіх передаючих зусилля деталей (важелі рульової трапеції, поворотні важелі, поперечна тяга, кульові шарніри) повинні мати досить велике відносне подовження (12%). При перевантаженні ці деталі повинні пластично деформуватися, але не руйнуватися. Деталі з матеріалів з малим відносним подовженням, наприклад, з чавуну або алюмінію, повинні бути відповідно товстіше.

Для забезпечення безпеки має бути передбачене наступне [12; с. 16]:

- вал рульового колеса повинен згинатися або розчіплюватися при аварії, труба рульової колонки та її кріплення не повинні перешкоджати цьому процесу;
- рульове колесо повинно деформуватися при аварії і поглинати енергію, що передається, на нього. При цьому воно не повинно руйнуватися, утворювати уламки та гострі кромки;
- обмежувачі повороту передніх коліс на поворотних важелях або корпусі рульового механізму повинні зберігати жорсткість у разі великих навантажень. Це запобігає перекручуванню гальмівних шлангів, тертю шин по бризковнику крила та пошкодженню деталей передньої підвіски та рульового керування;

– люфти в рульовому механізмі повинні компенсуватися автоматично або повинна бути передбачена можливість їх легкого усунення. Наявність «мертвого ходу» у нейтральному положенні веде до зниження безпеки їзди та зменшує точність витримування напрямку руху.

У відповідності із вимогами безпеки до технічного стану рульового керування не допускається [2]:

– мимовільний поворот рульового колеса та(або) керованих коліс колісного транспортного засобу з підсилювачем рульового керування;

– вісьовий люфт рульового колеса;

– рухомість рульової колонки в площинах, що проходять через її вісь, картера рульового механізму та деталей рульового привода відносно одне одного або шасі (кузова) колісного транспортного засобу;

– незатягнуті та не застопорені нарізні з'єднання деталей та вузлів рульового керування;

– наявність в рульовому керуванні і його приводі деталей та вузлів із залишковою деформацією, тріщинами, пошкодженнями та залишками ремонту методами паяння чи зварювання;

– підтікання робочої рідини в гідросистемі підсилювача;

– зазори в з'єднаннях важелів поворотних цапф та шарнірах рульових тяг.

Натяг паса привода насоса підсилювача рульового керування та рівень робочої рідини в його резервуарі (за наявності) повинні відповідати вимогам інструкції з експлуатації.

Система сигналізації і контролю та електропідсилювач рульового керування (за наявності) повинні функціонувати відповідно до вимог інструкції з експлуатації.

Максимальні кути повороту рульового колеса та керованих коліс мають обмежувати тільки пристрої, передбачені конструкцією колісного транспортного засобу. Рульове колесо повинно обертатися без ривків і заїдань в усьому діапазоні кута його повороту.

Пристрій фіксації рульової колонки з регульованим положенням рульового колеса повинен фіксувати і утримувати колонку в усіх положеннях, зазначених в інструкції з експлуатації.

2.1.2 Економічні вимоги

До *економічних вимог* відносяться:

- скорочення кількості деталей;
- спрощення технології виготовлення складових частин;
- зменшення габаритів;
- запобігання необхідності регулювання під час експлуатації та у догляді за всіма рухомими деталями.

2.1.3 Вимоги, що визначаються умовами керування автомобілем

Рульове керування, що забезпечує хорошу керованість автомобіля, має характеризуватися таким [12; с. 21-23]:

– поворотний момент на колесі не повинен бути занадто великим, проте автоматичне повернення рульового керування в нейтральне положення повинне бути забезпечено навіть при невеликих швидкостях руху;

– керування має бути легким, що забезпечується підвищенням ККД та правильним вибором його передавального числа при досить швидкій «реакції шин»;

– кут повороту керованих коліс повинен бути достатньо великим, щоб діаметр розвороту автомобіля за габаритом був меншим;

– має бути досить плавним, тобто удари внаслідок нерівностей дороги і коливань коліс повинні максимально демпфуватися, для чого повинні бути передбачені пружні елементи у відповідних місцях рульового керування;

– передня підвіска також має добре сприймати поперечні сили. Внаслідок паралельності обох керованих коліс при кутах їх повороту приблизно до 5° і більшого повороту зовнішнього колеса при великих діаметрах розвороту автомобіля шина цього колеса, більш навантажена під час руху на повороті, повинна відчувати більш високе бічне відведення. Важливу роль також грає розвал коліс: що менше зовнішнє колесо нахилється у бік позитивних кутів розвалу, а внутрішнє – у бік негативних, то менше втрата бічної сили.

2.2 Призначення, загальний пристрій

Слід звернути увагу на те, що існують варіанти тлумачення призначення рульового керування автомобіля.

Завданням рульового керування є, можливо, більш однозначне перетворення кута повороту рульового колеса в кут повороту коліс і передача водію через рульове колесо інформації про стан руху автомобіля [12; с. 16].

Система рульового керування призначена для керування криволінійним рухом колісних транспортно-тягових засобів (систем) у горизонтальній площині, при якому здійснюється цілеспрямоване формування траєкторії центру мас (кожної з ланок автопоїзда), орієнтації поздовжньої осі (носової ланки та взаємного розташування осей всіх наступних ланок) машини [11; с. 434].

Рульове керування складається з таких складових частин:

- *рульовий механізм* з елементами травмобезпеки, які можуть бути у вигляді: енергопоглинаючого сильфону; перфорованого трубчастого рульового валу; роз'ємної гумової муфти; спеціально закріпленого кронштейна та інші у складі:

- рульове колесо;
- колонка;
- карданна передача;
- рульова передача;

- *рульовий привід*, у складі якого:

- важелі;
- тяги;
- шарнірні з'єднання;

- *підсилювач рульового керування*, який здійснює вплив на елемент конструкції рульового механізму або на елемент конструкції приводу у складі:

- джерело (блок) живлення додатковою енергією;
- силовий виконавчий механізм (гідралічний, пневматичний циліндр);
- розподільник (регулятор);
- з'єднувальні магістралі, наприклад, трубопроводи подачі та зливу гідравлічної рідини.

2.3 Класифікація рульових керувань

2.3.1 Загальна класифікація

Загальна класифікація *рульових керувань* проводиться за такими ознаками [10; с. 25]:

- за способом керування;
- виду керованих елементів:
 - з поворотними колесами, осями, опорами;
 - зчленованими ланками з різним числом ступенів свободи;
- за розташуванням рульового механізму:
 - ліве;
 - праве;
- числу керованих мостів та їх компоновка на автомобілі:
 - дво-, трьох-, багатовісні;
 - з передніми, з передніми та задніми, з усіма керованими мостами (всеколісне рульове керування);
- типу рульового приводу:
 - механічний;
 - гідравлічний;
 - електрогідравлічний;
 - електричний;
 - електромеханічний;
 - комбінований;
- компоновка рульового приводу:
 - з вісьовим приводом;
 - з комбінованим приводом;
- числу постів керування;
- наявності спеціальних пристроїв, наприклад, блокування керованих коліс, самовстановлюваних коліс, електронних коригувальних блоків і т. д.

Слід зазначити, що з метою підвищення маневренності довгобазних багатовісних шасі у системі рульового керування доцільно використовувати всі колеса поворотними із автоматизованою мехатронною бортовою системою. У склад цієї бортової системи повинні входити наступні підсистеми [11]:

– рульова колонка з пристроями завантаження. Цей пристрій перетворює керований вплив водія в електричні сигнали, які надходять до електричної частини системи, формує «відчуття дороги» та являє собою окремий мехатронний модуль;

– бортовий вичислювач із системою аналого-цифро-аналогового перетворювання сигналів (при необхідності). Цей пристрій на підставі інформації, що надходить від датчиків, формує керовані сигнали на рульових агрегатах;

– блок виконавчих механізмів (рульові агрегати – керовані колеса з елементами приводу до зміни кутів встновлення);

- системи індикації роботи;
- система енергопостачання;
- система діагностики і контролю.

Зв'язки між елементами автоматизованої мехатронної бортової системи електрогідравличного приводу коліс, наприклад, для рульового керування багатоопірного транспортного засобу Cometto (Італія) наведено у додатку А (рис. А.5).

Наведений склад підсистем також може бути використано і в конструкціях інших автомобілів, наприклад, у звичайних легкових автомобілях з виключно електричним приводом керованих передніх коліс.

Приклади конструктивного виконання та компоновання елементів механічного, електрогідравличного та електромеханічного приводів наведено на рисунках 2.1–2.3 [11].

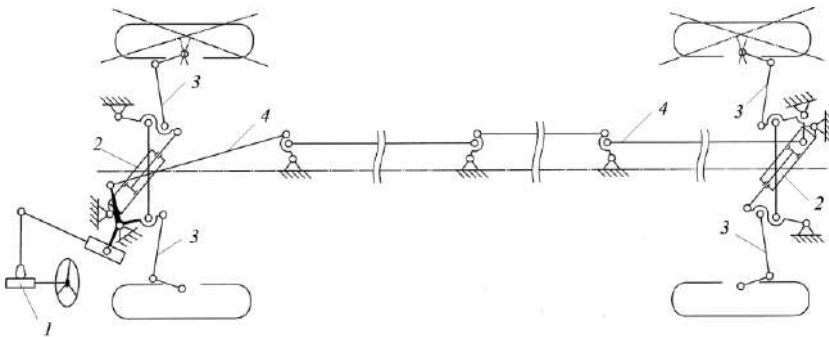


Рисунок 2.1 – Класична схема рульового керування багатовісного транспортного засобу з механічним приводом керованим коліс:

- 1* – рульовий механізм; *2* – силові циліндри підсилювача;
- 3* – важелі повороту коліс; *4* – поздожні тягі

Механічний привід рульового керування богатовісних шасі представляє собою складну та громіздку конструкцію із традиційних важелів і тяг, які розтягнуті по довжині, рисунок 2.1. Поздожня тяга 4 може бути виконана не тільки збірною з окремих частин, а і розрізною, з можливістю встановлення механізму узгодження повороту керованих коліс всеколісного рульового керування, додаток В (рис. В.1).

Широке застосування отримали електрогідравлічні приводи рульового керування дросельного типу (рис. 2.2). У такій системі автоматично підтримується постійний тиск за допомогою насоса, що регулюється та гідроакумулятора, що у цілому забезпечує постійну швидкість повороту коліс.

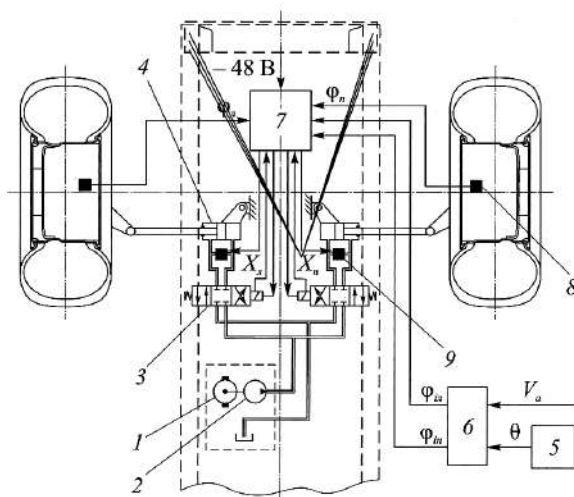


Рисунок 2.2 – Принципова схема керування рульовим модулем з електрогідравлічним приводом:

1 – електромотор; 2 – насос; 3 – розподільник пропорційний гідравлічний; 4 – гідроциліндр; 5 – рульовий блок; 6 – блок рульового керування системи автоматичного (автоматизованого) керування рухом; 7 – бортовий блок керування; 8 – датчик зворотного зв'язку; 9 – клапан кільцювання; сигнали системи керування: θ – кут повороту рульового колеса; V_a – поздожня швидкість руху; ϕ_{in} , ϕ_m – команди на кут повороту коліс правого та лівого бортів; ϕ_l , ϕ_n – фактичні кути повороту коліс; X_l , X_n – положення золотників розподільвачів коліс лівого і правого бортів

У якості виконуючих механізмів використані бустери, до складу яких входить високонадійний сервоклапан прямої дії, гідроциліндр і клапан кільцювання поршнів гідроциліндра, рисунок 2.2

Недоліком системи дросельного типу є те, що вона не забезпечує постійність швидкості спрацювання декількох виконуючих механізмів (за кількістю коліс) при різному навантаженні на них, наприклад, при маневруванні та гальмуванні.

Одним з перспективних варіантів рульового приводу є повністю електрична система, фрагмент її конструкції наведено на рисунку 2.3.

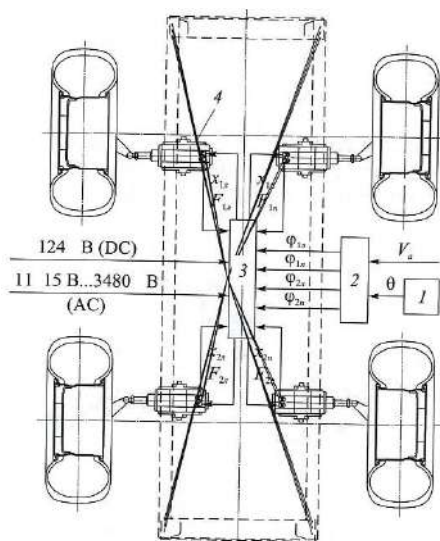
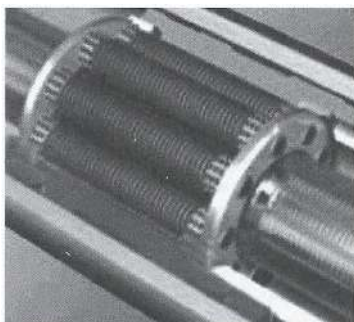


Рисунок 2.3 – Принципова схема керування рульовим модулем з електромеханічним приводом:

- 1 – рульовий блок; 2 – блок рульового керування системою автоматизованого керування рухом; 3 – контролер приводу;
 4 – виконавчий механізм; сигнали системи керування: θ – кут повороту рульового колеса; V_a – поздовжня швидкість руху; φ_{in} , φ_{in} – команди на кут повороту коліс правого та лівого бортів; φ_l , φ_n – фактичні кути повороту коліс; X_l , X_n – положення золотників розподільвачів коліс лівого і правого бортів

Силовим (виконавчим) елементом у цьому приводі є ролик-гвинтова передача з планетарним механізмом (рис. 2.4, 2.5). Останній застосований для значного збільшення зусиль. При цьому вхідний вал передачі приводиться електромотором, а вихідна ланка (шток) здійснює поступальне переміщення та передає рухи на важіль колеса.



a



б

Рисунок 2.4 – Ролик-гвинтова передача електромеханічного приводу:

a – з усіма різьбовими роликками ;

б – вид на зубчастий вінець ближнього кільця та сепаратор

Зовні конструкція електромеханічного приводу схожа на електрогідравлічний привід.



a



б

Рисунок 2.5– Компактний електромеханічний привід типу SEMCC (фірма SKF):

a – зовнішній вигляд модуля; *б* – порівняння зовнішніх видів різних модулів

Планетарний механізм складається з наступних частин, рисунок 2.4:

- ходовий гвинт;
- гайка, на обох кінцях встановлені кільця з внутрішніми зубчастими вінцями, які входять до зачеплення з вінцями роликів;
- різьбові ролики з зубчастими вінцями і циліндричними цапфами
- два сепаратора, які встановлені по обох кінцях гайки і можуть вільно обертатися відносно неї.

До переваг електричного приводу належать:

- екологічна чистота внаслідок відсутності витоків робочої рідини;
- можливість створення повністю «електричного» автомобіля.

2.3.2 Класифікація рульових механізмів

Рульові механізми класифікують за низкою ознак [10; с. 51]. До них відносяться наступні.

За передавальним числом розрізняють рульові механізми:

- з постійним числом;
- зі змінним числом;

За типом рульової передачі (за конструктивною ознакою) розрізняють механізми:

– черв'якові з черв'ячним колесом, зубчастим сектором (у тому числі і бічним) роликом, з циліндричним і глобоїдним черв'яками;

– гвинтові з парами ковзання та кочення, що містять гайку, кривошип або важіль з передаючими ланками;

– шестерні з рухомими (планетарні) та з нерухомими осями валів, рейкові та редукторні; з циліндричними, конічними шестернями, з рейковою парою;

– комбіновані, які містять кілька типів передач; гвинт – кулькова гайка – рейка – шестерня, гвинт – гайка – шатун – кривошип, шестеренний редуктор у поєднанні з передачею гвинт – кулькова гайка – рейка – шестерня і т. п.

За способом забезпечення пасивної безпеки розрізняють конструкції рульових механізмів:

– з безпечним рульовим колесом, наприклад, з потопленою маточиною, ободом, що деформується, запобіжною накладкою, надуваною подушкою на маточині і т. п.;

– з безпечними переміщеннями (при зіткненнях автомобіля) рульового колеса та валу, наприклад, за рахунок гнучкості рульового валу, його розчленування та наявності шарнірних сполучень тощо;

– з енергопоглинаючими пристроями механічного і гідравлічного типів на рульових валах, колесах і кронштейнах, наприклад, з гумовими або гідравлічними амортизаторами, демпферами тертя, сифонами, що деформуються, втулками, що зрізаються і т. п.;

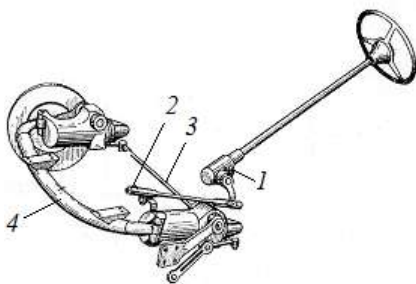
– з комбінованим забезпеченням безпеки при комплексному використанні цих пристроїв.

Розрізняють також рульові механізми з протиугінними пристроями та без них.

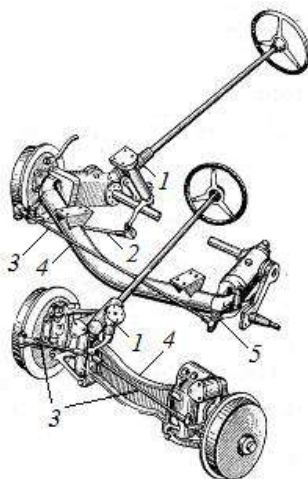
2.3.3 Класифікація рульових приводів

Рульовий привід у вигляді індивідуальної трапеції може бути класифікований за наступними ознаками [13, с.9]:

- за конструктивним виконанням:
 - цілісна рульова трапеція (рис. 2.6 а і б);
 - розчленована рульова трапеція (рис. 2.6 в);
- за розташуванням рульової трапеції відносно передньої осі:
 - передня (рис. 2.6 б і в);
 - задня (рис. 2.6 а).



a



б, в

Рисунок 2.6 – Схема компоновки елементів рульового приводу:
a – ліве розташування (*б* – праве розташування рульового механізму);
a, б - рульова трапеція цільна, *в* – рульова трапеція розчленована; *б, в* – передня (*a* – задня) рульова трапеція; *1* – рульовий механізм; *2* – поздовжня тяга;
3 – поперечна тяга; *4* – середня частина передньої балки; *5* – важелі

2.3.4 Класифікація рульових підсилювачів

Підсилювачі рульових приводів класифікують за наступними ознаками [14,15]:

- по виду робочого тіла, яке використовується для створення додаткових зусиль;
- за компонуванням елементів конструкції (рульового механізму; розподільника, гідроциліндра);
- по конструкції розподільника.

Більш ретельно конструктивне виконання підсилювачів рульового керування буде розглянуто у розділі 4.

2.4 Способи керування

Реалізація керування автомобілем пов'язана з регулюванням відносного положення або напрямку та величин кутової швидкості елементів колісного рушія. У зв'язку з цим можна застосовувати кілька способів керування [10; с. 14–16]:

- кінематичний;

- динамічний чи силовий;
- комбінований.

Кінематичний спосіб керування пов'язаний зі зміною взаємного положення коліс, опор, осей та зчленованих ланок.

Динамічний або силовий спосіб керування полягає в регулюванні величини та напрямку кутових швидкостей коліс при постійному їх взаємному розташуванні.

В обох випадках метою зміни режиму кочення коліс є створення додаткових реакцій в контакті рушії з ґрунтом, які утворюють необхідний повертальний момент. Додаткові реакції (бічні або поздовжні) виникають у результаті невідповідності нового режиму кочення колеса поточному режиму руху автомобіля. При повороті коліс діє бічна реакція, при прискоренні або уповільненні кутової швидкості коліс – поздовжні реакції відповідно від сил тяги або гальмування.

Комбінований спосіб керування – це вплив на керовані колеса і сполучені ланки, керовані колеса разом з гальмівними механізмами або спеціальними механізмами повороту. Цей спосіб керування дозволяє поєднувати в одній конструкції позитивні властивості обох способів: можливість точного керування на високих швидкостях та забезпечення високої маневреності. Комбіноване керування може використовуватися як постійно, так і періодично.

Найбільшого поширення набув кінематичний метод з впливом водія на керовані колеса автомобіля.

На автомобілях високої прохідності з широкопрофільними шинами, пневмокоотками використовуються керовані осі, візки або ланки з неповоротними колесами на них.

На автомобілях, призначених для перевезення важких і великогабаритних груп, застосовують керовані та некеровані опори у вигляді двох або чотирьох коліс, встановлених на укорочених осях.

Спосіб керування визначається на ранній стадії проектування на основі технічних вимог, призначення та умов застосування автомобіля. Прийнятий спосіб керування є одним з факторів, що визначає компоновку, універсальність, рівень уніфікації і такі експлуатаційні властивості автомобіля як: керованість, стійкість, маневреність, прохідність, плавність ходу.

2.5 Система позначень

У системі позначень рульових керувань з урахуванням їх компоновочних схем та конструкції застосовуються такі умовні позначення [10]:

O – некерована вісь автомобіля;

N – керована вісь з поворотними та неповоротними колесами автомобіля (**N** – ціле число, що відповідає порядковому номеру осі);

Z – число коліс на осі (осях) автомобіля;

– рознесене розміщення осей по базі автомобіля;

НБ або **Б** – керована вісь (вісі) з блокуванням коліс у нейтральному положенні;

P – пост керування автомобілем за наявності більше одного посту;

G – гідравлічний рульовий привід;

E – електричний рульовий привід;

O= – вісь із регульованим співвідношенням кутових швидкостей коліс;

X і + – керований у горизонтальній площині шарнір зчленованого автомобіля відповідно причіпного та сидельного типів.

Керовані елементи колісного рушія, позначають цифрами, некеровані – нулями в порядку їх розміщення по поздовжній осі автомобіля.

Наприклад, схему рульового керування двовісного автомобіля з керованими колесами передньої осі позначають **1-0**.

Тривісні автомобілі в залежності від компоновки і числа керованих коліс можуть мати позначення рульового керування **1-00**, **12-0** і **1-0-3** – відповідно зі зближеними задніми осями, передніми або рівномірним розміщенням осей.

Рульові керування чотирирівісних автомобілів позначають: **12-00**, **1-2-00**, **1-00-4**, **12-34**.

Для позначення керованих осей з неповоротними колесами прийняті формули **1-0** – для однієї, **1-2-00** – для двох осей.

Схеми рульових керувань зчленованих автомобілів з неповоротними колесами мають формули **0X0** або **0+00**, де **X** і + – це керовані зв'язки в горизонтальній площині відповідно причіпного або сидельного типів.

Для способу керування з регулюванням співвідношення швидкостей коліс прийняті позначення $0=0$ і $0=0=0$, з чотириколісними осями за аналогією з попереднім позначенням $(0)4=(0)$. Рульові керування автомобілів цього типу з підйомними передньою і крайніми осями позначають відповідно $0=0=0=0$ і $0=00=0$.

2.6 Основні схеми керувань

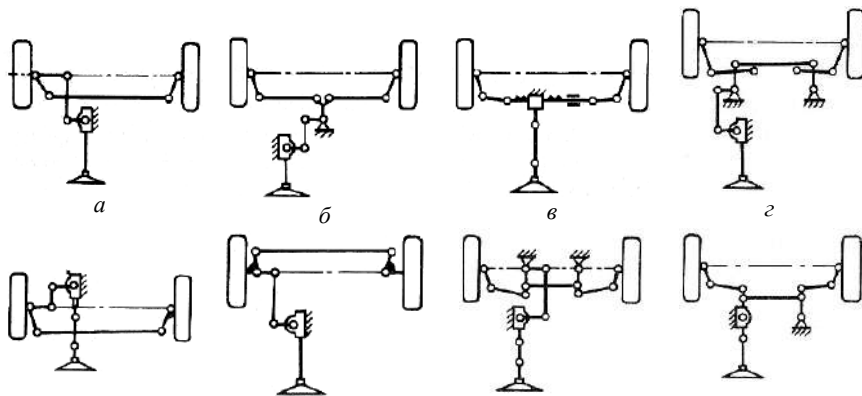
Розрізняють такі *схеми рульових керувань* [10; с. 23–41]:

- з керованими колесами (рис. 2.7–2.9);
- зчленованих автомобілів (рис. 2.10);
- з неповоротними колесами (рис. 2.12).

2.6.1 Рульові керування автомобілів з керованими колесами

Рульове керування з передніми керованими колесами забезпечує реалізацію високих швидкостей руху, має відносно просту конструкцію і широко використовується на дво- та тривісних автомобілях.

Схеми рульових керувань з керованими колесами однієї передньої осі (рис. 2.7) порівняно прості. Деяке ускладнення їх пов'язане зі збільшенням кількості складальних одиниць у рульовому приводі з метою узгодження поворотів і переміщень коліс з кінематичними характеристиками підвісок.



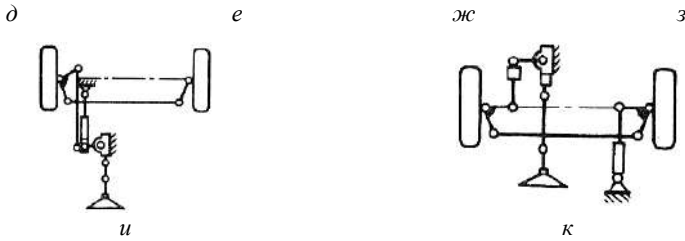


Рисунок 2.7 – Схеми рульових керувань автомобілів з керованими колесами однієї передньої осі:

a – із задньою нерозрізною трапецією; *б* – з розрізною трапецією та маятниковим важелем; *в* – з рейковим рульовим механізмом; *г* – з розрізною трапецією з двома маятниковими важелями; *д* – з розчленованим рульовим приводом; *е* – з передньою нерозрізною трапецією; *ж* – з розрізною трапецією та двома маятниковими важелями, спрямованими назад; *з* – з розрізною трапецією та одним маятниковим важелем; *и* – з нерозрізною трапецією та об'єднаним рульовим підсилювачем; *к* – з нерозрізною трапецією та розділеним рульовим підсилювачем

При використанні незалежних підвісок кількість складальних одиниць у рульовому приводі порівняно з рульовим приводом найпростішої схеми (рис. 2.7 *a*), зростає на 10–50%, а шарнірних з'єднань, з урахуванням карданних шарнірів рульового механізму, в 1,1–2 рази [13–15].

Істотне зменшення радіусу повороту тривісного автомобіля з передньою віссю досягнуто при використанні керування за схемою **1-(00)4**. Наприклад, при підйомі задньої осі автомобіля МАЗ-516Б, тобто зменшення бази на 28%, мінімальний радіус знижується на 20%.

У двовісних автомобілях керованими роблять передні колеса, поворот яких можна здійснити двома способами:

- поворотом всієї осі разом з колесами, що сидять на ній;
- поворотом одних лише коліс при нерухомій передній осі.

Поворот по першому способу забезпечує чисте кочення коліс без бокового їх ковзання по дорозі, але з-за ряду недоліків, що виникають при цільній конструкції передньої осі, такий спосіб не застосовується на автомобілях, і поширення отримав другий спосіб. При цьому обидва передні колеса встановлені на поворотних цапфах, шарнірно закріплених на балці передньої осі, яка залишається нерухомою.

Для дотримання необхідного співвідношення між кутами повороту коліс раніше пропонувалися різні механізми, що забезпечують найменші відступи дійсних кутів від теоретично необхідних. Ці механізми виконувалися у вигляді:

- ланцюгової передачі;
- кулісної передачі;
- повзунів;
- еліптичних зірочок;
- шарнірного чотирикутника – трапеції.

Незважаючи на теоретичні переваги деяких схем кінематичних зв'язків, виняткове поширення на автомобілях набув шарнірний чотирикутник – *правильна трапеція*.

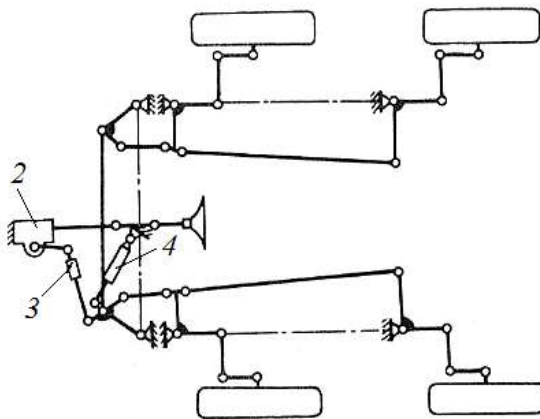
Однією основою трапеції служить середня частина 4 передньої осі (балки), іншою основою – поперечна тяга 3, а бічними сторонами – важелі 5, укріплені в поворотних цапфах коліс.

При повороті автомобілів з керуванням **1-0-0** і **1-00** необхідне збільшення сили тяги в порівнянні з керуванням **1-0** (при однакових розмірах бази) вдвічі більше; погіршується зчеплення коліс з опорною поверхнею, особливо середньої осі. Для поліпшення цих властивостей автомобілів зближують середню і задню осі, використовують диференціальний привід між мостами і колесами. При блокованому зв'язку мостів для поліпшення зчіпних властивостей коліс доцільно відключати привід переднього моста в процесі повороту автомобіля на твердій опорній поверхні.

Автомобілі з рульовими керуваннями **12-0** і **1-2-0** за інших рівних умов мають таку ж маневреність, що й автомобілі з рульовим керуванням **1-00**, але мають менший момент опору, бічне ковзання і кращі зчіпні властивості коліс при повороті автомобіля. Прикладами використання рульового керування **12-0** може бути автомобіль Татра 813.8, **1-2-1** – автомобіль високої прохідності Столвет.

На тривісних автомобілях з підвищеними вимогами маневреності застосовуються рульові керування з передніми і задніми керованими колесами. Наприклад, на автомобілі BMR-600 використовується кермо **1-0-3**.

На чотиривісних автомобілях частіше встановлюють рульові керування з чотирма передніми керованими колесами за різних



б

Рисунок 2.8 – Схеми рульового керування з керованими колесами двох передніх осей з трапеціями:

a – вісьовими; *б* – бортовими; 1 – редуктор; 2 – рульова передача; 3 – розподільник; 4, 5 – циліндри підсилювача рульового керування

У схемі (рис. 2.8 б) з бортовими трапеціями коліс звільняється середня частина автомобіля. Однак при пошкодженні бортової трапеції керування автомобілем неможливе. Число складальних одиниць порівняно з рульовим керуванням найпростішої схеми більше в 4 рази, число шарнірів у 6 разів. При використанні вісьових трапецій (рис. 2.8 а) при порушенні зв'язку між ними зберігається можливість керування.

На автомобілях з рульовим керуванням **1-00-4** внаслідок малих значень кута повороту θ_{max} компоновочні показники краще, оскільки збільшення обсягу ніш для колісного рушія становить 29–42 %. Схеми рульового керування з незалежною підвіскою коліс, представленої на рисунку 2.9 а, відповідають приблизно ті ж показники складності, так як число складальних одиниць і шарнірних з'єднань зростає відповідно в 4 і 6,2 рази (у порівнянні з найпростішою схемою).

У рульовому керуванні **Р(12) Б-(34) РБ** (рис. 2.9 б) рульові колеса 4 через редуктори 5 і 11 з'єднані з рульовою передачею 1. У процесі керування одне з рульових коліс відключається. При включенні підвищених передач гідроциліндри 8 або 9 в

Гідравлічні амортизатори 6 на всіх осях і два циліндри 7 підсиловача стабілізують рух автомобіля і зменшують передачу зовнішнього збурюючого впливу на рульове керування. Однак показники компоновки рульового керування цієї схеми гірші. Відносне збільшення обсягу колісного рушія становить 87%. Число збірних одиниць у рульовому приводі з урахуванням карданних передач і механізму блокування порівняно з найпростішою схемою більше у 8 разів, число шарнірних з'єднань у 12,2 рази. Очевидно, що, незважаючи на відносно високі маневрені можливості, що реалізуються даною схемою рульового керування, застосування її доцільно тільки на спеціальних автомобілях.

Слід також зазначити, що схема рульового керування, яка наведена на рисунку 2.9 обумовлює конструкцію автомобіля зі всіма керованими колесами. Еволюційний шлях розвитку таких конструкцій та застосування у машинах різного призначення наведено у додатку А.

2.6.2 Рульові керування зчленованих автомобілів

За наявності шарнірного з'єднання збільшується ймовірність виникнення довільного зміщення ланок у горизонтальній площині, що певною мірою обмежує швидкість руху зчленованого автомобіля. В результаті на зчленованих автомобілях поряд з рульовими керуваннями, що регулюють положення ланок з неповоротними колесами, застосовують керовані колеса, а також шарнірні з'єднання з різним числом ступенів свободи і блокувальні пристрої. Цим визначається різноманітність компоновальних схем рульових керувань зчленованих автомобілів. Використовуються в основному дво-, три- та чотиривісні автомобілі з різними варіантами розташування осей у ланках (рис. 2.10) [10].

На двовісних зчленованих автомобілях з неповоротними колесами передбачають рульові керування з підвищеними кутами складання ланок у горизонтальній площині. Наприклад, вантажні автомобілі МАЗ-529, Дельта-2 (рис. 2.10 а) з рульовим керуванням **0X0** забезпечені шарнірами з максимальними кутами складання ланок відповідно $\pm 1,57$ і $\pm 0,785$ рад, в результаті чого покращується компоновка і підвищується маневренність.

Автомобіль М520 має шарнірний пристрій, що забезпечує переміщення ланок у горизонтальній та поперечно-вертикальній площинах при кутах відповідно $\pm 1,57$ та $\pm 0,523$ рад (рис. 2.10 б).

Тривісні зчленовані автомобілі з неповоротними колесами зазвичай складаються з одновісних передніх і двовісних причіпних ланок (рис. 2.10 в). Регульований поворот ланок у горизонтальній площині можливий у межах $\pm 1,57$ рад, у поперечно-вертикальній площині переміщення не обмежено. Маневрені можливості автомобіля D 550 довжиною 11,33 м, шириною 3,65 м і довжиною бази 6,76 м характеризуються такими показниками. Мінімальні зовнішній і внутрішній радіуси дорівнюють відповідно 9,4 м і 4,53 м, поворотна ширина автомобіля 6,19 м. Слід зазначити, що для підвищення стійкості руху шарнірний пристрій зсунуто до передньої осі і знаходиться на відстані 1,34 м від неї.

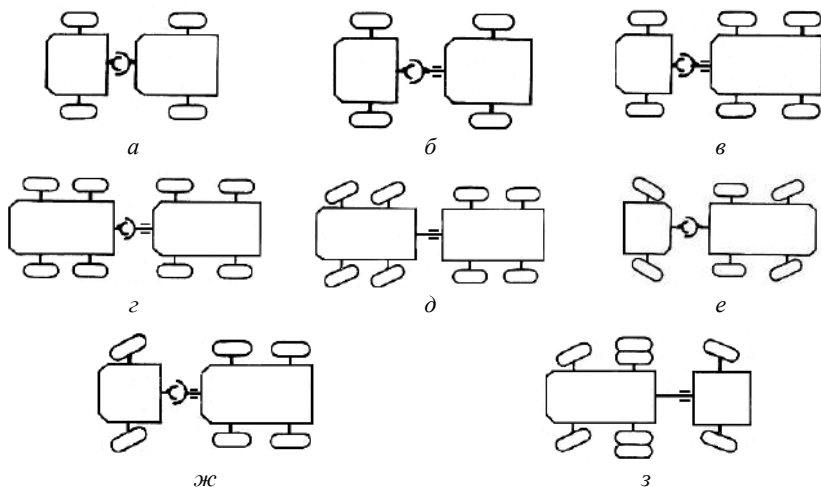


Рисунок 2.10 – Схеми рулевих керувань зчленованих автомобілів

На чотиривісних автомобілях використовують двовісні ланки та шарнірні пристрої з різним числом ступенів свободи. Наприклад, на канадському вантажному автомобілі Раббер-Рейловой 8680 з рульовим керуванням **00X00** положення ланок регулюється тільки в горизонтальній площині в діапазоні кутів $\pm 1,57$ рад. Шарніри з трьома ступенями свободи застосовують у

вантажних автомобілях високої прохідності, наприклад, Ролігон RD-85 з рульовим керуванням **00X(00BK) УБ**. Поворот ланок у горизонтальній площині на кут $\pm 0,524$ рад забезпечується гідромеханічною системою керування. Переміщення та фіксація ланок у проміжних положеннях у вертикальній та поперечно-вертикальній площинах у межах кута $\pm 0,262$ рад здійснюються додатковою гідромеханічною системою керування. В результаті перерозподілу навантаження на колесах покращуються керованість та прохідність автомобіля.

На зчленованих автомобілях частіше встановлюють шарнірні пристрої з одним або двома ступенями свободи, що складаються з вилок 1 і 2, (рис. 2.11), зі шворневим їх з'єднанням. При розташуванні вилок у поздовжньо-вертикальній площині по вісі А-А та жорсткому кріпленні опор вилок на ланках автомобіля їх поворот можливий лише у горизонтальній площині. При встановленні однієї з опор вилок у підшипник 3 ланки можуть зміщуватися в поперечно-вертикальній площині навколо осі В-В.

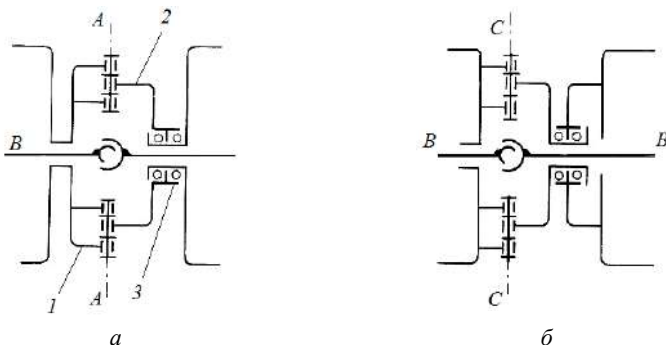


Рисунок 1.11 – Схеми шарнірних пристроїв зчленованих автомобілів з двома ступенями свободи:

а – у горизонтальній та поперечно-вертикальній площинах; *б* – у вертикальній та поперечно-вертикальній площинах; 1, 2 – вилки; 3 – підшипник

На зчленованих автомобілях з керованими колесами застосовують шарнірні пристрої з однією та двома ступенями свободи в поздовжньо- та поперечно-вертикальній площинах. При цьому поворот ланок у поздовжньо-вертикальній площині відбувається навколо горизонтальної осі С-С (рис. 2.11 б), а при

установці опори в підшипнику – в поперечно-вертикальній площині. У порожнинах опор вилок розміщують карданні передачі до колес причіпної ланки.

Таким чином, на зчленованих автомобілях з неповоротними колесами (рис. 2.10 *a–z*), завдяки підвищеним кутам складання ланок у горизонтальній площині забезпечується порівняно висока маневреність, краще тієї, яка досягається у автомобілів з нерозчленованою несучою системою.

2.6.3 Рульові керування автомобілів з неповоротними колесами

У разі застосування динамічного способу [10]:

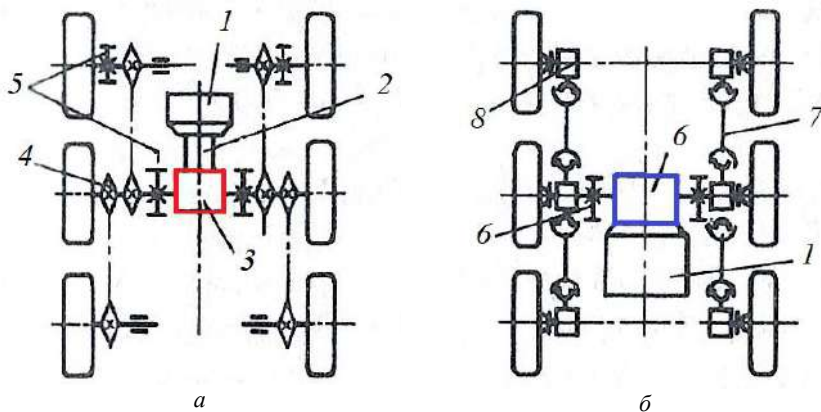
– покращуються маневрені можливості автомобіля, навіть до розвороту на місці;

– спрощується компоновка колісного двигуна;

– збільшується корисний об'єм корпусу автомобіля.

Разом з тим відбувається підвищене зношування шин і значно зростають витрати потужності при повороті автомобіля.

Схеми рульових керувань автомобілів з неповоротними колесами та механізмами повороту наведено на рисунку 2.12.



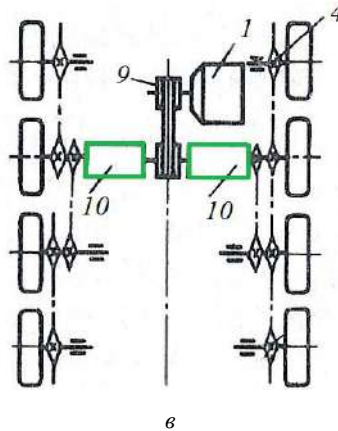


Рисунок 2.12 – Схеми рулевих керувань автомобілів з неповоротними колесами та механізмами повороту:

a – диференціальним; *б* – багаторадіусним (передач та повороту);
в – гідрооб’ємним; *1* – двигун; *2* – варіатор; *3* – диференціал; *4* – ланцюгова передача; *5* – гальмівний механізм; *6* – механізм передач та повороту; *7* – карданна передача; *8* – редуктор; *9* – клинопасова передача; *10* – гідрооб’ємна передача

Регулювання кутової швидкості коліс забігаючого і відстаючого бортів здійснюють за допомогою:

- роздільного приводу коліс одного борту або кожного колеса;
- механізмів повороту.

Прикладом використання першого способу слугують автомобілі «Луноход-1» та -2, «Террапін II». Так, у автомобіля «Террапін II» з рулевим керуванням $0=00=0$ кожен із двох двигунів приводить до обертання колеса одного борта, тобто трансмісія виконана за бортовою схемою розподілення потужності, рисунок Г1. Поворот автомобіля здійснюється в результаті незалежного керування режимами роботи двигунів і гальмування коліс одного борта. В автомобілях «Луноход-1» та -2 з рулевим керуванням $0=0=0=0$ в трансмісії застосовані електромоторколеса, рисунок Г2. Зміна поздожніх реакцій на колесах у прямолінійному русі і повороті забезпечується регулюванням режимів роботи електродвигунів. При повороті можлива рекуперація потужності коліс відстаючого борта у

наслідок електричного зв'язку між електродвигунами і джерелом живлення.

Для забезпечення динамічного способу керування автомобілем за допомогою механізму повороту використовується досвід, який накопичений при створенні та експлуатації швидкохідних гусеничних машин. Наприклад, однакові механізми повороту встановлюють на гусеничній машині АМХ-10 і автомобілі АМХ-10 РС, рисунок Г.3.

На рисунку 2.12 *a* неведена схема рульового керування, яка характерна для легких плаваючих автомобілів-транспортів «Амфікет» (Канада), «Анаконда-Ваген» (США). Для повороту автомобіля використани механізми з простим диференціалом. Двигун 1 через ремінний варіатор 2, диференціал 3 і ланцюгові передачі 4 обертає колеса. Поворот здійснюється частковим або повним включенням гальмових механізмів 5 одного із бортів. Механізми з простим диференціалом не забезпечують сталого прямолінійного руху автомобіля, і при цьому необхідний періодичний керований вплив [10].

Механізм з подвійним диференціалом у трансмісії системи рульового керування застосований у конструкції автомобіля «Соло-750», рисунок Г.4.

Механізми передач і повороту (МПП) більш вдосконалені з точки зору керованості і витрат потужності при повороті, але більш складні по конструкції. МПП відрізняються великою різноманітністю конструкцій. Так, у схемі рульового керування, яка наведена на рисунку 2.12 *б*, в центральній частині розміщено МПП 6. Потужність двигуна 1 передається до коліс при повороті двома потоками через коробку передач і додатковий привід елементів планетарного ряду. Планетарний ряд влючає фрикціони і гальмові механізми, якими блокується той чи інший елемент. МПП в системах рульового керування колісних машин встановлюються:

- на автомобілях з відносно невеликою питомою потужністю, де необхідно забезпечити високі тягові якості при повороті;
- на швидкохідних автомобілях з високою питомою потужністю, оскільки вони мають добру керованість з фіксованим радіусом повороту і є більш простими у керуванні.

Найбільш вдосконаленими з точки зору керованості, стійкості руху автомобіля та втрат енергії при повороті є безступеневі механізми повороту. Такі механізми отримали широке розповсюдження за рахунок наявності у конструкції основного елемента – гідрооб'ємної передачі (ГОП). У безступеневих механізмах повороту автомобілей малої вантажопідйомності ГОП ставлять звичайно в основний потік потужності, рисунок 2.12 в. Трансмсія системи рульового керування включає клинопасову передачу 9 і дві бортові ГОП 10. При синхронній зміні передатних чисел ГОП автомобіль рухається прямо. При роздільному регулюванні ГОП автомобіль повертається. Однак для автомобілів великої вантажопідйомності застосування ГОП у системі рульового керування неприйнятно через більші настановні потужності, маси і розміри ГОП, а також низьке середнє ККД. У таких випадках доцільно використовувати багатопоточні (двох- і трьохпоточні) передачі, де через ГОП проходить тільки частина потужності [10].

Динамічний спосіб керування поворотом може бути також реалізований у кар'єрних самоскидах. Так, у автомобілів, які мають сучасний тяговий електропривід змінного струму система автоматичного керування дозволяє примусово здійснювати керування обертанням двох тягових електродвигунів задніх коліс самоскида окремо правого і лівого борту для збільшення різниці сил тяги. Останнє створює додатковий поворотний момент, дія якого, у свою чергу, призводить до зменшення радіуса повороту машини, викликаючи ефект так званого «силового довороту». Структурна схема системи примусового керування поворотом, яка опробувана на кар'єрному самоскиді БелАЗ-7513В приведена у додатку Д [22].

2.7 Основні технічні параметри рульового керування

Основними технічними параметрами рульового керування є [15]:

- мінімальний радіус повороту автомобіля, який визначається колісною базою автомобіля та максимальним кутом повороту зовнішнього колеса;
- загальний ККД рульового керування, який визначається;
 - ККД рульового механізму (прямий, зворотний);
 - ККД рульового приводу;

- кутове передавальне число рульового керування, яке визначається;

- передавальним числом рульового механізму;
- передавальним числом рульового приводу;
- силове передавальне число рульового керування;
- параметри рульового колеса:
 - максимальний кут повороту;
 - діаметр рульового колеса.

Мінімальним радіусом повороту автомобіля R_{min} є відстань від центра повороту до центра пятна контакту шини з опорною поверхнею (осі сліда кочення колеса) зовнішнього колеса при найбільшому куті повороту керованих коліс. Так, наприклад, для наступних марок автомобілів R_{min} складає, рисунок 2.13:

- легкові автомобілі: ЗАЗ-1105 - 4,6 м; ГАЗ-3102 – 5,9 м;
- вантажні автомобілі: ЗІЛ-433100 – 8,6 м; КрАЗ-6435 – 13 м; БелАЗ-549 – 10,5 м.

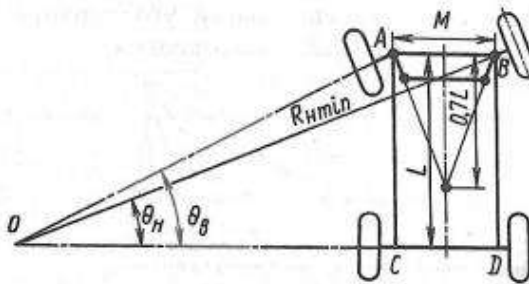


Рисунок 2.13 – Схема повороту автомобіля з жорсткими колесами:
 O – центр повороту; θ_n і θ_v – кути повороту відповідно зовнішнього і внутрішнього коліс; L – база автомобіля; M – відстань між осями шворней (AB=CD)

Мінімальний радіус повороту для двохвісного, трьохвісного автомобілів з жорсткими передніми керованими колесами визначається за наступним виразом:

$$R_{min} = L / \sin \theta_{max} \quad (2.1)$$

Мінімальний радіус повороту для автомобіля зі всіма керованими колесами визначається за наступним виразом:

$$R_{min}=L/(2\sin\Theta_{max}) \quad (2.2)$$

Загальний ККД рульового керування визначається за виразом:

$$\eta_{PV}=\eta_{PM}\eta_{PP} \quad (2.3)$$

Кутове передатне число рульового керування представляє собою відношення елементарного кута повороту рульового колеса $d\alpha$ до напівсуми елементарних кутів повороту зовнішнього та внутрішнього коліс $d\Theta$. Кутове число перемінне і залежить від передатних чисел рульового механізму і рульового приводу.

Це число визначається за виразом:

$$u_{\omega}=d\alpha/d\Theta=2d\alpha/d\Theta_H+d\Theta_B \quad (2.4)$$

Кутове передатне число перемінне і залежить від передатних чисел рульового механізму u_{PM} і рульового приводу u_{PP} , та визначається за виразом:

$$u_{\omega}=u_{PM}u_{PP} \quad (2.5)$$

Передатне число рульового механізму u_{PM} в залежності від конструкції рульового механізму може бути постійним у процесі повороту рульового колеса або перемінним, визначається за виразом:

$$u_{PM}=d\alpha/d\varphi_c, \quad (2.6)$$

де $d\varphi_c$ – елементарний кут повороту сошки.

Передатне число рульового приводу u_{PI} визначається відношенням плеч важелів приводу. Оскільки положення важелів в процесі повороту рульового колеса змінюється, то передатне число рульового приводу перемінне, $u_{PI}=0,85\dots 2,0$.

Силове передатне число оцінюється відношенням сумми сил опору повороту керованих коліс до зусилля, яке прикладається до рульового колеса.

Також під цим числом розуміють відношення моменту опору повороту керованих коліс M_c до моменту, який прикладений на рульовому колесі $M_{p.k.}$. Передатне число визначається за виразом:

$$u_c = M_c / M_{p.k.} \quad (2.6)$$

Силове передатне число може слугувати критерієм оцінки легкості керування по зусиллю, яке прикладене до рульового колеса для повороту керованих коліс. При проектуванні автомобіля обмежуються як мінімальним зусиллям у 60 Н, так і максимальним зусиллям в 120 Н.

Обмеженість мінімального зусилля необхідно, щоб водій «відчував дорогу». Для повороту на місці на бетонній поверхні зусилля не повинно бути більшим, ніж 400Н. За ГОСТ 21398-75 року максимальне зусилля при виході з ладу підсилювача не повинно бути більшим ніж 500 Н у вантажних автомобілів.

Параметри рульового колеса:

– максимальний кут повороту рульового колеса у кожний бік залежить від типу автомобіля і знаходиться у межах $540^\circ\dots 1080^\circ$ (1,5...3 обороти);

– діаметр рульового колеса для легкових і вантажних автомобілів малої вантажопідйомності складає 380...425 мм; для вантажних автомобілів, тягачів, багатомісних автобусів 440...550 мм.

2.8 Параметри оцінки рульового механізму

До оціночних показників рульового механізму відносяться [15]:

- передатне число u_m ;
- жорсткість;
- прямий η_1 та зворотний η_2 ККД;
- вільний хід рульового валу;
- зниження ударів та поштовхів на рульове колесо;

- зазори у рульовому керуванні.

Передавальне число рульового механізму визначається наступним відношенням:

$$u_M = d\alpha/d\beta, \quad (2.1)$$

де α та β – кути повороту відповідно вхідного та вихідного валів.

Для рейкового рульового механізму передавальне число визначається наступним відношенням:

$$u_M = d\alpha_p/d\theta = u_p \quad (2.2)$$

або

$$u_M = d\alpha_p/dz_p, \quad (2.3)$$

де θ – кут повороту колеса (середній кут повороту коліс осі);

z_p – хід рейки.

Прямий ККД рульового механізму визначається при передачі зусилля від рульового колеса до рульової сошки, та розраховується у відповідності з виразом:

$$\eta_{\downarrow PM} = 1 - M_{mp1}/M_{p.k.} \quad (2.4)$$

де: M_{mp1} – момент тертя рульового механізму, який приведений до рульового колеса, Н·м;

$M_{p.k.}$ – момент, який прикладений до рульового колеса, Н·м.

Зворотний ККД рульового механізму визначається при передачі зусилля від рульової сошки до рульового колеса та розраховується у відповідності з виразом:

$$\eta_{\uparrow PM} = 1 - M_{mp2}/M_{в.с.} \quad (2.4)$$

де M_{mp2} – момент тертя рульового механізму, який приведений до вала сошки, Н·м;

$M_{в.с.}$ – момент на валу сошки, підведений від керування коліс, Н·м.

Прямий і зворотній ККД залежать від конструкції рульового механізму та мають наступні значення:

$$- \eta_{\downarrow PM} = 0,6 \dots 0,95;$$

$$- \eta_{\uparrow PM} = 0,55 \dots 0,85.$$

Знижений зворотний ККД хоч і сприяє поглинанню поштовхів на рульове колесо, але в той же час ускладнює стабілізацію керованих коліс.

Різкі удари та поштовхи, які передаються на рульове колесо, можуть стати причиною втрати автомобілем керованості. Тому для зниження або виключення можливості передачі поштовхів на рульове колесо застосовуються наступні рішення:

- збільшення передатного числа рульового механізму в нейтральному положенні керованих коліс;

- зменшення плеча обкатування керованих коліс;

- збільшення податливості рульового керування (повинно бути знайдено оптимальне значення, так як при великій податливості елементів рульового керування запізнюється реакція керованих коліс на керуючий вплив – поворот рульового колеса);

- застосування амортизуючих пристроїв в рульовому механізмі або приводі;

- встановлення гідропідсилювача, який здатний сприймати та поглинати поштовхи та удари від керованих коліс.

Сумарний зазор у рульовому керуванні складають зазори у рульовому механізмі і рульовому приводі. Зазор визначається по куту вільного повороту рульового колеса при нейтральному положенні керованих коліс. Оптимальна характеристика зазора у рульовому механізмі перемінна. З ростом кута повороту рульового колеса зазор у зачепленні елементів рульової пари повинен збільшуватися. Це необхідно для попередження заїдння рульової пари після регулювання зачеплення при його зносі.

Допустимий зазор встановлюється заводом-виробником і у більшості випадків для нових автомобілів не перевищує $10 \dots 15^\circ$.

Рульові механізми забезпечують близько 90% сумарного значення передавального числа u_p , тому при виборі числа u_m рульового механізму і залежності його зміни від кута α_p повороту рульового колеса враховують ті ж вимоги, що і для рульового керування в цілому.

У рульовому керуванні з підсилювачем передавальне число u_m доцільно знижувати у міру відхилення коліс від нейтрального положення, що покращує маневреність автомобіля. При цьому підсилювачем забезпечуються необхідні зусилля на рульовому колесі. У рульовому керуванні без підсилювача внаслідок зменшеного при збільшенні α_p передавального числа приводу, що характерно для рейкових рульових керувань, значно до 1,5 разів зростають зусилля на рульовому колесі. Для компенсації зростання M_6 збільшують значення u_m по мірі відхилення рульового колеса від нейтрального положення.

Рульовий механізм повинен мати високу зносостійкість зачеплення в середній зоні і мати підвищений зазор в зачепленні в периферійних зонах для можливості регулювання механізму і виключення його заклинювання.

У рульовому керуванні без підсилювача рульовий механізм повинен ефективно гасити коливання, вібрацію від поштовхів і ударів, що передаються від коліс на рульове колесо. Для цього зменшують ступінь оборотності механізму, знижуючи η_2 , величина η_1 також виходить невеликою. За наявності підсилювача роль рульового механізму, як гасника вібрації та коливань, знижується.

Значення η_1 і η_2 рульових механізмів змінюються в експлуатації в широких межах, так як залежать від зносу, якості регулювань і складання, мастильного матеріалу, температури і т.п.

Оціночними показниками рульового механізму з точки зору безпеки є зусилля деформації та переміщення рульового колеса при деформуванні рульового валу або кронштейнів рульової колонки. Для поліпшення безпеки та ергономічності рульового керування застосовують шарнірне з'єднання рульового колеса з рульовим механізмом та пристрою регулювання положення рульового колеса по куту нахилу, поздовжньому та вертикальному положенням.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які конструктивні заходи використовуються у рульовому керуванні для забезпечення безпеки під час аварії?
2. Які вимоги висуваються до технічного стану рульового керування?
3. Назвіть вимоги, які визначаються умовами керування автомобілем.
4. Назвіть конструктивні частини, з яких складається рульове керування автомобіля.
5. За якими ознаками класифікується рульове керування автомобіля?
6. З якою метою у системі рульового керування довжинобазних шасі використовуються усі колеса поворотними? Назвіть її основні підсистеми.
7. За допомогою яких елементів конструкції здійснюється поворот коліс задньої вісі автомобіля, схема якої наведена на рисунку 2.1?
8. Які розрізняють рульові механізми за типом рульової передачі?
9. Які розрізняють рульові механізми за способами забезпечення пасивної безпеки?
10. У чому полягає відмінність кінематичного способу керування від динамічного?
11. Розшифруйте позначення рульового керування автомобіля - **1-0-3**.
12. Розшифруйте позначення рульового керування автомобіля - **0=0=0=0**.
13. У чому полягає відмінність приводів рульового керування, які наведено на рисунку 2.7 б і в?
14. Охарактеризуйте за ознаками класифікації рульового керування, схеми яких наведено на рисунку 2.8 б.
15. Назвіть відмінності у конструкціях рульових керувань, схеми яких наведено на рисунку 2.12 а і б.
16. Чим визначається ККД рульового керування автомобіля? (напишіть формулу)
17. Чим визначається силове передавальне число рульового керування автомобіля? (напишіть формулу)

18. Чим визначається кутове передавальне число рульового керування автомобіля? (напишіть формулу)

19. Чим відрізняється прямий ККД рульового механізму від зворотнього?

20. Якими заходами можна виключити можливості передачі поштовхів на рульове колесо?

3 РУЛЬОВІ МЕХАНІЗМИ

3.1 Загальна будова та вимоги до конструкції

Рульовий механізм включає наступні елементи конструкції [6; с.168]:

- рульову пару, яку іноді називають рульовою передачею, розміщену в картері;
- рульовий вал;
- рульова колонка;
- рульове колесо.

З умов компоновки рульового механізму рульовий вал може складатися з двох або трьох частин, що з'єднуються шарнірами.

До конструкції рульових механізмів пред'являється низка вимог:

- високий ККД у прямому напрямку (при передачі зусилля від рульового колеса) $\eta=0,6-0,95$ для полегшення керування автомобілем та дещо знижений ККД $\eta=0,55-0,85$ у зворотному напрямку для зниження сили 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 в деякому діапазоні кутів повороту (безззорне зачеплення) при обов'язковій можливості регулювання зазору в процесі експлуатації;

- заданий характер зміни передавального числа рульового механізму;

- травмобезпечність рульового механізму, щоб при лобовому зіткненні він не був причиною травми водія.

3.2 Механізми з шестеренними передачами

Такі механізми виконують у вигляді *редуктора із зубчастих коліс* (застосовується рідко) або у вигляді пари з шестерні та рейки – *механізм із зворотно-поступальним рухом на виході* [1; с. 56-59].

Шестеренні передачі використовуються в рульових керуваннях автомобілів в основних та проміжних редукторах. Проміжні редуктори розширюють можливості компоновки рульових керувань на автомобілях.

Найбільш поширені рейкові рульові механізми мають малу масу, високий ККД і підвищену жорсткість, добре компонуються з гідравлічним підсилювачем, що зумовило їх використання на легкових автомобілях. На передньопривідних автомобілях з переднім розташуванням двигуна, наприклад, ВАЗ-2115 та інших, застосовують рейкові рульові механізми через зручність компоновки. Рейкові рульові механізми випускаються у розрахунку на максимальне навантаження на керовану вісь до 24 кН.

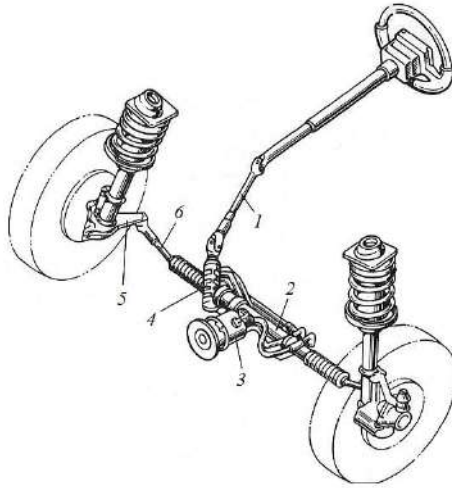
Перевагами конструкції рейкових механізмів є [4; с. 66]:

- простота конструкції;
- малі витрати на виготовлення;
- легкість ходу завдяки високому ККД;
- автоматичне усунення зазорів між зубчастою рейкою та шестернею, а також рівномірне власне демпфування;
- можливість шарнірного кріплення бічних поперечних тяг безпосередньо до зубчастої рейки;
- малий обсяг робіт, необхідний установки цього рульового керування;
- відсутність маятникового важеля (включаючи і його опори) та середньої тяги

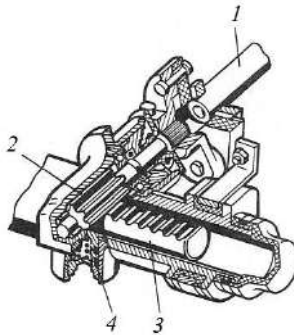
Недоліками конструкції рейкових механізмів є [4; с. 66]:

- підвищена чутливість до ударів внаслідок малого тертя;
- підвищене навантаження від зусиль з боку бічних тяг;
- підвищена чутливість до коливань рульового керування;
- обмежена довжина рульових бічних тяг (при їх шарнірному кріпленні до кінців зубчастої рейки);
- залежність кута повороту коліс від ходу зубчастої рейки;
- підвищені зусилля у всьому рульовому керуванні внаслідок іноді занадто коротких важелів кермової трапеції;
- зменшення передавального числа зі збільшенням кута повороту коліс, унаслідок чого маневрування на стоянці потребує великих зусиль;
- неможливість застосування цього рульового механізму в автомобілі із залежною підвіскою передніх коліс.

На рисунку 3.1 показана схема компоновки рейкового рульового механізму 4 з гідропідсилювачем 2 на легковому автомобілі.



a



б

Рисунок 3.1 – Схема компоновки рульового механізму з гідравлічним підсилювачем на легковому автомобілі: *a* – загальний вид: *1* – рульовий вал; *2* – гідроциліндр; *3* – насос гідропідсилювача; *4* – рульовий механізм; *5* – важелі поворотні; *б* – рульові тяги; *б* – елементи конструкції механізму: *1* – рульовий вал; *2* – шестерня; *3* – рейка; *4* – упор

У наведеній конструкції рульового керування рейка–шток передачі шестерня–рейка вбудована в рульову трапецію, яка утворена тягами *б* і важелями *5*. Спільне розміщення рульової передачі, що приводиться від рульового вала *1* розподільника, гідроциліндра *2* і насоса *3* гідропідсилювача, зменшує довжину

трубопроводів і полегшує компоновку рульового керування на автомобілі.

У рульовому механізмі (рис. 3.2) вал-шестерня 1 і рейка 6 розміщені в картері 7, відкриті торці якого закриті чохлами 5.

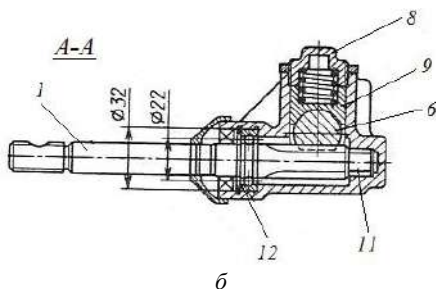
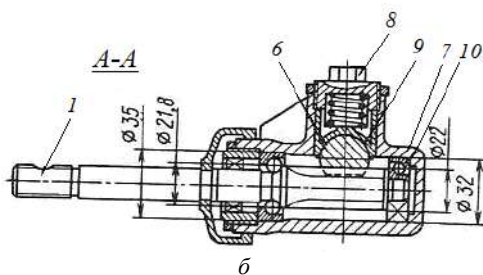
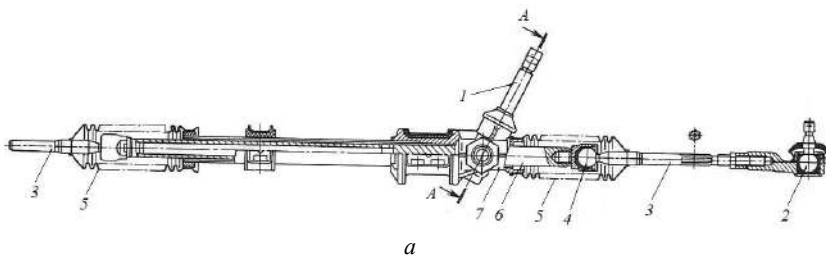


Рисунок 3.2 – Рейковий рульовий механізм з установкою вала-шестерні:
a – в радіально-упорних кулькових підшипниках; *б* – у радіальному кульковому та голчастому підшипниках: 1 – вал-шестерня; 2 – шарніри; 3 – бічні тяги;
 4 – кульовий шарнір; 5 – чохол; 6 – рейка; 7 – картер; 8 – пробка;
 9 – плунжер; 10 – кульковий підшипник; 11 – голчастий підшипник;
 12 – радіальний підшипник

Пружина плунжера 9 і регульовальна пробка 8 забезпечують беззасорне зчеплення рейки з шестернею і гасіння коливань при ударах з боку дороги.

До кінців рейки за допомогою шарових шарнірів 4 приєднані бічні тяги 3 регульованої довжини. Шарніри 2 з'єднують тяги 3 з поворотними важелями коліс.

Зазвичай вал-шестерню 1 встановлюють у парі радіально-упорних кулькових підшипників 10 (рис. 3.2 б) або в радіальному підшипнику 12 зі збільшеною глибиною канавок для підвищення несучої здатності в вісьовому напрямку і голчастому підшипнику 11 (рис. 3.2 б).

Прямий та зворотний ККД рейкового механізму складає відповідно $\eta_1=0,65$ та $\eta_2=0,59$.

За відсутності демпфуючого пристрою оборотність наведеної передачі зростає, і ККД відповідно будуть складати $\eta_1=0,85\div 0,90$; $\eta_2=0,80\div 0,82$.

У рейковому рульовому механізмі з гідروпідсилювачем (рис. 3.3) поршень 4, що розділяє циліндр 3 на дві порожнини, посаджений на рейку 1. Шестерня 2 виконана як одне ціле з обертовим корпусом розподільника 5. Необхідність у спеціальному демпфуючому пристрої за наявності гідропідсилювача зникає.

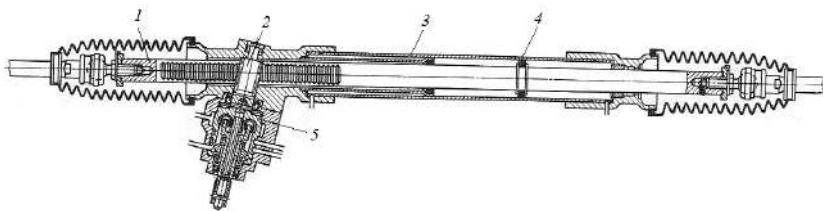


Рисунок 3.3 – Рейковий рульовий механізм з гідропідсилювачем:
1 – рейка; 2 – шестерня; 3 – циліндр; 4 – поршень; 5 – розподільник

У розглянутих рульових механізмах шарніри бічних тяг трапеції кріпляться на кінцях рейки. Внаслідок обмеженої ширини колії керованих коліс легкових автомобілів довжина бічних тяг рульової трапеції виходить невеликою, що ускладнює погодження кінематики рульового керування і підвіски коліс.

Вертикальні переміщення коліс відносно кузова при наїзді на дорожні нерівності, вертикальних коливаннях або крені кузова призводять до додаткового повороту керованих коліс. Кути додаткового повороту коліс можуть бути великими при коротких бічних тягах трапеції. У результаті погіршуються керованість, стійкість руху і відбувається швидке зношування шин.

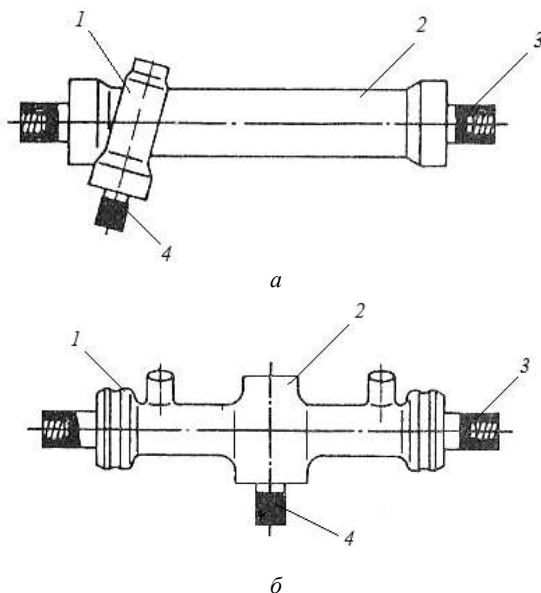
Розрізняють наступні типи рейкових рульових механізмів (рис. 3.4) [4; с. 67]:

– тип 1 – бічне розташування шестерні (зліва або справа в залежності від розташування рульового колеса) при кріпленні бічних тяг до кінців зубчастої рейки;

– тип 2 – середнє розташування шестерні при такому ж кріпленні бічних тяг;

– тип 3 – бічне розташування шестерні при кріпленні бічних тяг до середини зубчастої рейки;

– тип 4 – економічний скорочений варіант: бічне розташування шестерні при кріпленні обох бічних тяг 1, 2 до одного кінця зубчастої рейки (рис. 3.6).



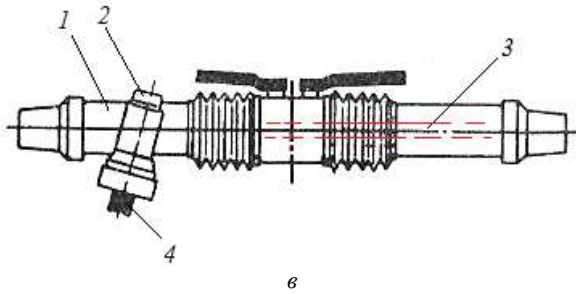


Рисунок 3.4 – Види рейкових рульових механізмів для легкових автомобілів з лівостороннім розташуванням рульового керування:
a – тип 1; *б* – тип 2; *в* – тип 3;
 1 – корпус шестерні; 2 – корпус рейки; 3 – рейка; 4 – вхідний вал

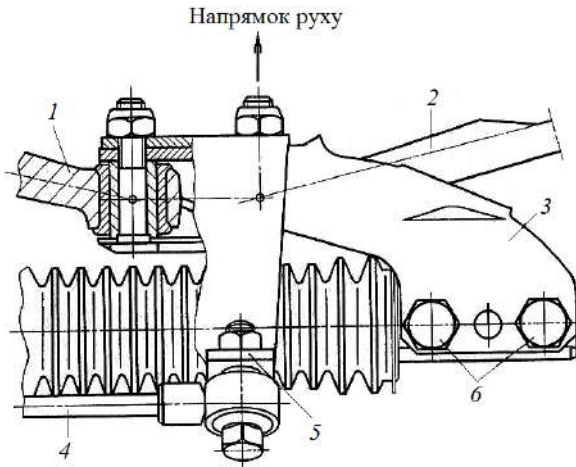


Рисунок 3.5 – Частина рульового керування автомобіля «Ауді-80»:
 1, 2 – бічні тяги; 3 – поводок; 4 – демпфер; 5 – кронштейн шарніра;
 6 – болтове кріплення

Варіанти кріплення корпусу механізму до кузова або поперечини рами через шумоізолюючі елементи наведені на рисунку 3.6.

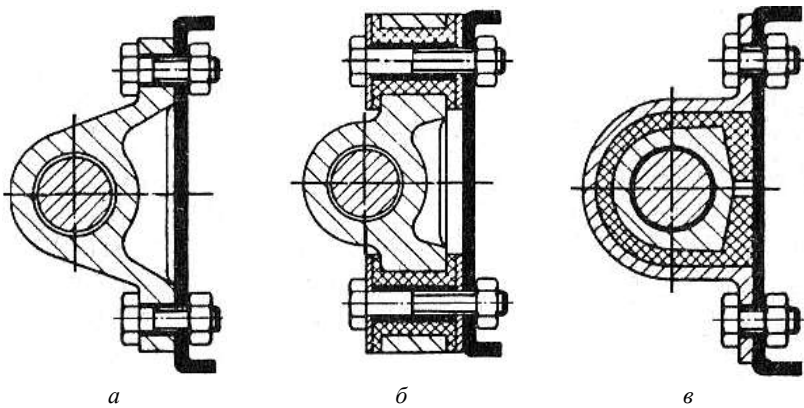


Рисунок 3.6 – Варіанти кріплення корпусу рульового механізму:
a – жорстке без шумоізоляторів; *б* – шумоізоляція гумовими втулками;
в – кріплення хомутом через пружну прокладку

На відміну від легкових автомобілів, на вантажних, в якості шестеренних рульових механізмів, знаходять застосування планетарні редуктори. Наприклад, у рульовому керуванні автомобіля БелАЗ-7519 в якості основного рульового механізму використовується планетарний редуктор у поєднанні з двома проміжними конічними передачами.

3.3 Механізми з гвинтовою передачею

У гвинтових передачах використовують різні конструктивні рішення для трансформації зусиль і закономірностей зміни передавальних чисел [1; с. 54]. Гвинтові передачі, як правило, містять гвинти з обертовими і нерухомими гайками в поєднанні з важелями, кривошипами тощо.

Механізми з гвинтовою передачею можуть мати різне конструктивне виконання:

- гвинтоважільні (в даний час застосовуються рідко, тому що мають низький ККД і компенсувати знос робочих поверхонь регулюванням неможливо), до них відносяться передачі:

- «гвинт-гайка-важіль»;
- «гвинт, що гойдається, і гайка»;
- «гвинт і гайка, що гойдається»;

- гвинторейкові (ЗІЛ, КамАЗ, МАЗ, БелАЗ, «Магірус» та ін.).

Залежно від конструкцій цих пристроїв забезпечуються різні закономірності зміни передатного числа u_m . Наприклад, у рульових передачах з передавальними ланками у вигляді важеля або кривошипа з гвинтом, що гойдається, або гайкою величина u_m зменшується в міру повороту рульового колеса. У рульових передачах «*гвинт – гайка – важіль*» характер зміни u_m інший.

У гвинтових механізмах з тертям ковзання у поєднанні гвинта і гайки ККД знижується до 0,50-0,55, що обмежує область їх використання.

Для підвищення ККД і довговічності конструкції використовують гвинтові передачі з тертям кочення: кулько- або роликोगвинтові. ККД кулькових передач з циркуляцією куль досягає 0,92–0,94 в залежності від профілю канавки, відносного діаметра куль і кута нахилу гвинтової лінії. У кулькогвинтових передачах використовують круглий, арочний або прямолінійний профілі канавок, що забезпечують різну здатність навантаження і довговічність передач.

На працездатність передач великий вплив здійснюють:

- точність виготовлення деталей;
- різномірність кульок в комплекті;
- шорсткість робочих поверхонь;
- підбір матеріалів;
- натяг у з'єднаннях.

Для компенсації зносів в середній зоні тертя та усунення зазорів використовують наступні технологічні прийоми:

- збільшення попереднього натягу в середній зоні;
- передбачають регулювання поворотом або відносним зміщенням півгайок та іншими засобами).

Рекомендована твердість робочих поверхонь гвинта і гайки складає HRC_e 59-63 з неоднорідністю не більше $3HRC_e$, а кульок HRC_e 63-65.

3.3.1 Гвинтова передача з кривошипом

У передачі (рис. 3.7 а) гвинт 2, що має канавку з напівкруглим профілем, встановлений на двох радіально-упорних кулькових підшипниках в картері рульового механізму [4; с. 26].

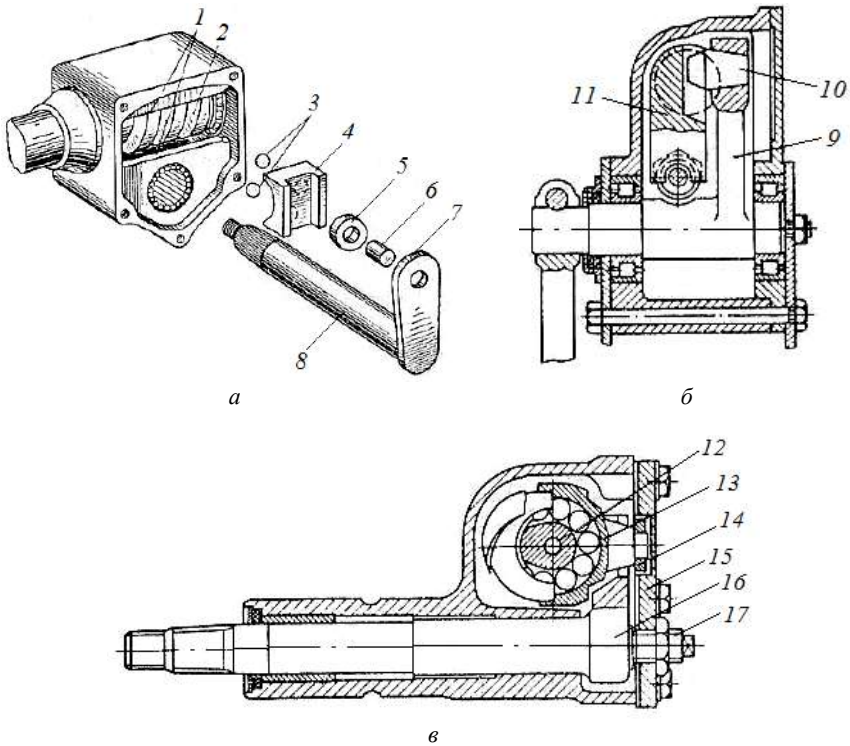


Рисунок 3.7 – Рульові механізми з гвинтовою передачею та кривошипом або важелем: *а, б* – з кривошипом: 1 – картер; 2 – гвинт; 3 – дві кульки; 4 – подушка; 5 – ролик; 6 – палець; 7 – головка кривошипа; 8 – вал; 9 – кривошип; 10 – палець; 11 – гайка; *в* – з важелем: 13 – півгайка; 14 – кільце; 15 – кришка; 16 – вилокний важіль; 17 – регулювальний гвинт

Вздовж гвинта 2 по напрямних 1 картера переміщається подушка 4 з циліндричною виїмкою, яка виконана за розміром зовнішнього діаметра гвинта. В якості нарізки в подушці служать дві кульки, закладені в гнізда таким чином, що половина кульки знаходиться в гнізді, а інша – в канавці гвинта. З іншого боку подушки є прямокутний паз у напрямі, перпендикулярному до осі гвинта. Уздовж паза переміщається ролик 5, встановлений на пальці 6. Палець укріплений у головці кривошипа 7, що

виконаний як одне ціле з валом 8 сошки. Вал встановлений у картері на голчастих підшипниках.

При повороті гвинта подушка 4 переміщується по напрямних картера 1 вздовж осі. Так як палець кривошипа переміщається по дузі, то ролик при повороті гвинта переміщається по пазу подушки. Радіус кривошипу у цій конструкції залишається постійним.

У передачі, яка наведена на рисунку 3.7 б на кінці кривошипа 9 закріплений палець 10, який переміщається в поперечному прорізі гайки 11. Радіус кривошипа при переміщенні пальця не змінюється.

3.3.2 Гвинтова передача з важелем

Гвинтова передача із важелем показана на рисунку 3.7 в.

На гвинт 12, встановлений в картері на кулькових підшипниках, навернута півгайка 13 з кульками, що циркулюють. На хвостовику півгайки встановлено кільце 14, що переміщається напрямними, виконаними у кришці 15. До конічної поверхні хвостовика півгайки притискається вилчастий важіль 16. Сила, з якою важіль притискається до конуса хвостовика і зазори між ними регулюються гвинтом 17 [4; с. 27].

Різновидом гвинтової передачі з важелем є передача «гвинт – гайка – шатун – важіль» (рис. 3.8) [1; с. 55].

В рульовий механізм вбудований гідропідсилювач. Механізм подібної конструкції застосовують на автомобілях, з нормальним навантаженням на керовані колеса, яке знаходиться у діапазоні 25-80 кН.

Гвинт 3 з трапецеїдальним різьбленням встановлений в картері 10 на упорних кулькових підшипниках 5 і радіальному голчастому підшипнику 6, розташованому в кришці 7 картера. За рахунок консольного кріплення гвинт 3 має можливість самовстановлюватися в гайці 9, яка виконана як одне ціле із золотником рульового підсилювача і може зміщуватися вздовж осі поршня 2 в межах ходу золотника. При вимкненому підсилювачі гайка 9 упирається торцем в поршень 2 і передає зусилля від рульового колеса на поршень 2 і через шатун 1 на вал 13 сошки. Вал 13 встановлений на голчастих підшипниках 14, що підвищує жорсткість рульового механізму. Для сприйняття

радіальних зусиль від шатуна *1* та зменшення зносу гільзи циліндра на поршні *2* є розвинені напрямні пояски. Регулювальні операції в експлуатації відсутні.

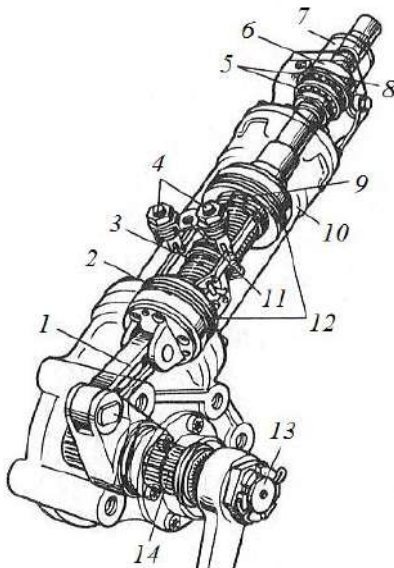


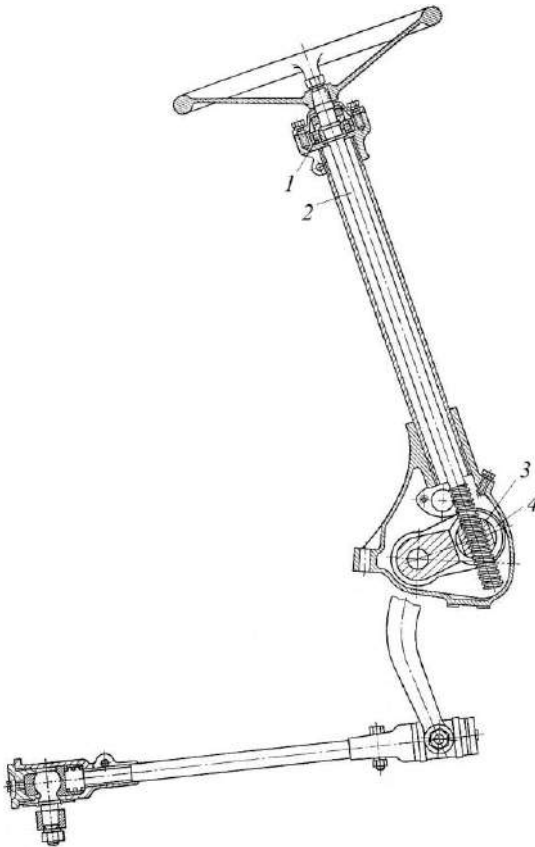
Рисунок 3.8 – Рульовий механізм із передачею «гвинт – гайка – шатун – важіль»:

1 – шатун; *2* – поршень; *3* – гвинт; *4* – розвантажувальні клапани силового циліндра; *5* – кулькові підшипники; *6* – радіальний підшипник; *7* – кришка картера; *8* – зливний отвір; *9* – гайка; *10* – картер; *11* – отвір картера; *12* – ущільнення; *13* – вал сошки; *14* – голковий підшипник

Робоча рідина від насоса підводиться через отвір *11* картера в кільцеву зовнішню порожнину поршня *2* між ущільненнями *12*. Для зливу рідини в бак у гвинті *3* виконані вісьові і радіальні канали, що з'єднують внутрішню порожнину поршня *2* зі зливним отвором *8*. У картері *10* встановлені розвантажувальні клапани *4* для вимикання рульового підсиловача в крайніх положеннях.

3.3.3 Гвинтова передача з рульовим валом, що гойдається

У конструкції цієї рульової передачі рульовий вал 2 (рис. 3.9 *a*) зверху має одну опору 1. Опора виконана у вигляді кулькопідшипника з глибокими канавками (рис. 3.9 *б*). Нарізна частина гвинта не має опор у картері рульового механізму. В отвори вилчастої головки 4 кривошипа закладена кругла гайка 3, в яку перпендикулярно її утворюючої вгорнутий рульовий вал. При повороті рульового колеса гайка переміщається разом із кривошипом по дузі радіуса, що дорівнює радіусу кривошипа. Таким чином, у цій конструкції рульовий вал гойдається біля центру підшипника верхньої опори.



a

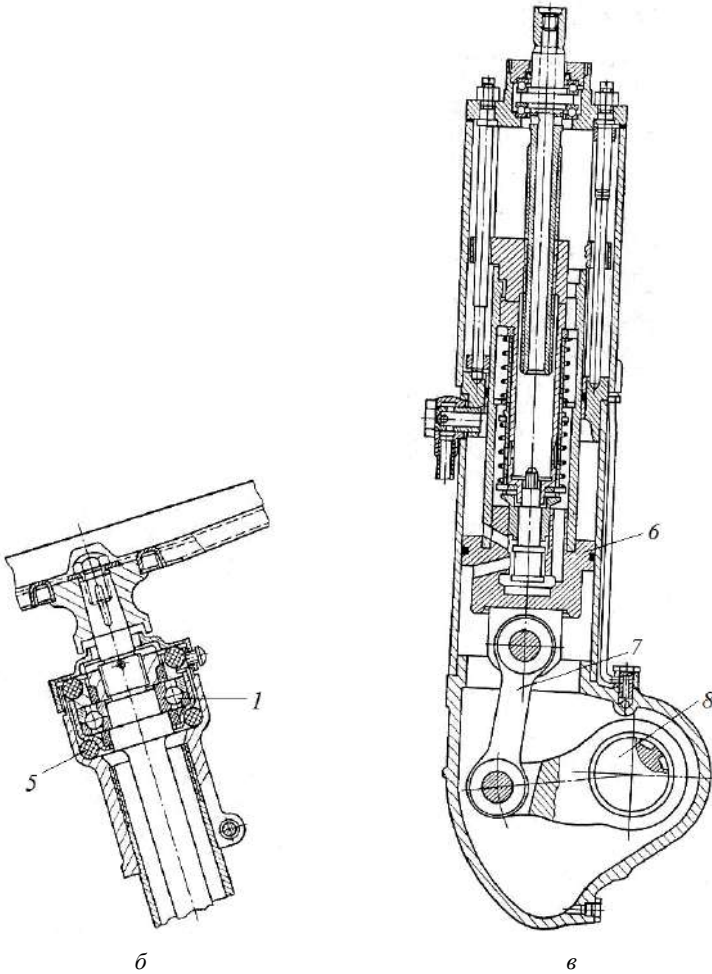


Рисунок 3.9 – Рульовий механізм з гвинтовою передачею і рульовим валом, що гойдається, і шатунно-кривошипною парою:

- 1 – опора верхня; 2 – рульовий вал; 3 – кругла гайка; 4 – вилчаста головка;
5 – гумові кільця; 6 – повзун; 7 – шатун; 8 – вал сошки

Радіальне переміщення гвинта відбувається за рахунок невеликого кутового переміщення однієї обойми підшипника відносно іншої і за рахунок пружної деформації рульового валу.

Для зменшення перегинів (деформацій) рульового валу центр кривошипу (і гайки) дещо зміщений від осі верхньої опори з таким розрахунком, щоб при перпендикулярному розташуванні кривошипа з гвинтом рульовий вал деформувався в один бік, а при максимальному повороті валу кривошипу – в іншій. Для усунення деформації рульового валу його верхню опору встановлюють між гумовими кільцями 5 (рис. 2.9 б). Така конструкція застосовувалася на тролейбусах.

У шатунно-кривошипній парі (рис. 2.9 в), повзун 6 (в даному випадку поршень співвісного гідравлічного підсилювача) за допомогою шатуна 7 з'єднується з кривошипом вала сошки 8. При цьому вал сошки розташовується відносно осі рульового валу так, щоб шатун відхилився від неї на однакові кути в середньому та крайніх його положеннях.

3.3.4 Гвинтова передача з обертовою гайкою

Варіанти конструктивного виконання гвинтових рульових передач з обертовою гайкою наведено на рисунку 3.10.

Так, на гвинт, який встановлений у картері на двох опорах, може бути навернута кругла гайка 1 (рис. 3.10 а).

Замість круглої гайки до гвинта може притискатися півгайка 7 (рис. 3.10 з).

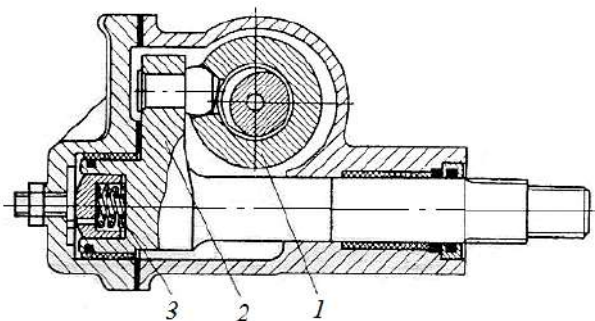
У конструкції, зображеній на рисунку 3.10 а з одного боку гайки є гніздо, в яке входить кульовий палець кривошипа 2, який притискається до гнізда пружиною 3.

В окремих конструкціях такої передачі циліндрична гайка 1 має ковзаючу посадку в картері, що замінює таким чином дві опори гвинта (рис. 3.10 б і в). Збоку гайки зроблено гніздо (рис. 3.10 в), в яке запресована сталева втулка 4. В отвір цієї втулки вставлений кульовий палець 5, запресований в головку кривошипа 6, виготовленого як одне ціле з валом сошки. Кульовий палець може бути закріплений і на гайці (рис. 3.10 б).

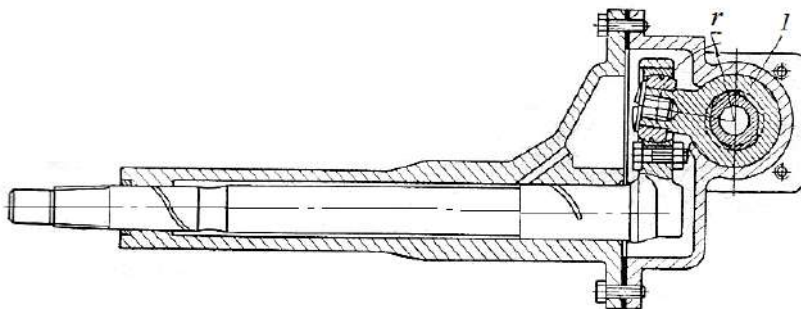
При повороті рульового колеса гайка переміщається вздовж гвинта, захоплюючи за собою палець кривошипа, і тим самим повертає вал сошки.

Так як кульовий палець кривошипа переміщається по дузі радіусом r (рис. 3.10 б) біля осі валу сошки, то гайка, крім

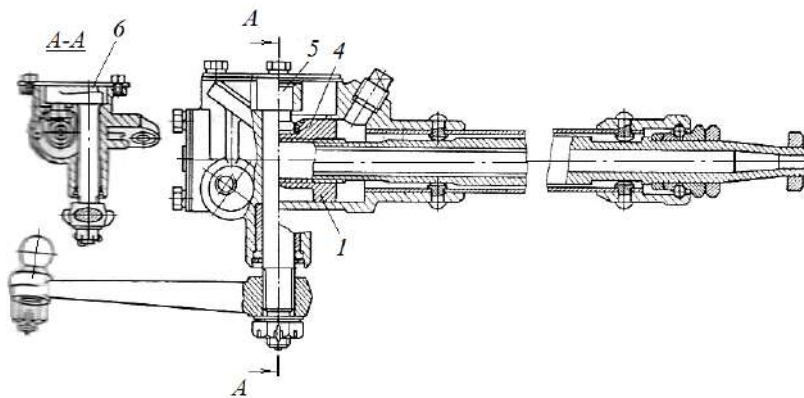
поступального переміщення вздовж гвинта, здійснює
обертальний рух навколо його осі.



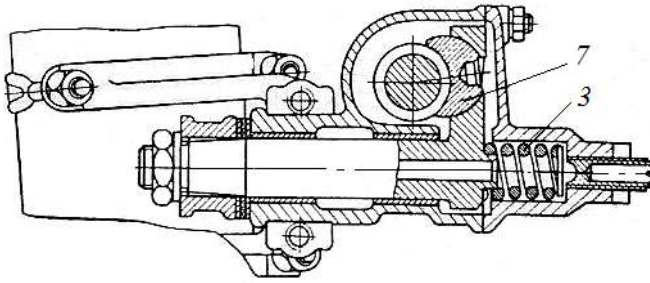
a



б



в



2

Рисунок 3.10 – Рульові механізми з гвинтовою передачею і обертовою гайкою:
a – з круглою гайкою; *b* – із кульовим пальцем закріпленим на гайці;
в – з гайкою, в тілі якої виконано гніздо; *г* – із півгайкою;
 1 – кругла гайка; 2 – палець кривошипу; 3 – пружина; 4 – втулка;
 5 – кульовий палець; 6 – кривошип

3.3.5 Гвинтова передача з комбінованими передачами

Для поліпшення компоновальних та конструктивних показників рульових механізмів використовують різні поєднання рульових передач. При цьому знаходять застосування рульові передачі з додатковим шестеренним редуктором з роздільним розташуванням або з розміщенням їх в одному картері. Прикладом роздільного компоновання може бути рульове керування, в якому стандартна рульова передача «*гвинт – кулькова гайка – рейка – зубчастий сектор*», встановлюється разом з трьома редукторами, що істотно ускладнює конструкцію і експлуатацію рульового керування та виправдано лише на автомобілях спеціального призначення або сучасних довжинобазних автобусах. Найчастіше застосовують рульові механізми з розміщенням додаткового редуктора та основної рульової передачі в одному картері. Така конструкція рульового механізму застосована, наприклад, в автомобілях сімейства КамАЗ.

Рульовий механізм із передачею «*гвинт – кулькова гайка – рейка – зубчастий сектор*» використовується на багатьох автомобілях. У рульовій передачі цього типу гвинт 4 (рис. 3.11) з'єднаний з кульковою гайкою 5. Для підвищення надійності гвинтової передачі та більш рівномірного навантаження на витки використані два незалежні кола циркуляції кульок.

гідророзподільника в межах його робочого ходу. Картер 5 рульового механізму складається з частин, що з'єднуються шпильками, що полегшує його виготовлення та збірку.

Рульовий механізм містить три передавальні ланки, що ускладнює конструкцію та дещо знижує його ККД у порівнянні з розглянутим вище. Передатне число постійне.

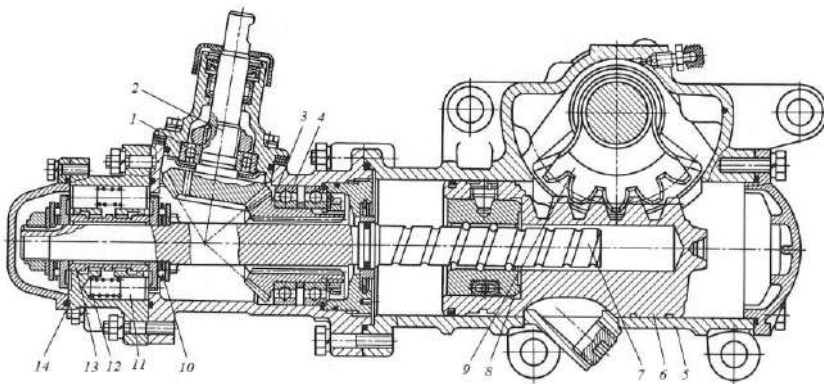


Рисунок 3.12 – Рульовий механізм з шестеренним редуктором та передачею «гвинт – кулькова гайка – рейка – зубчастий сектор»:

1, 4 – кулькові підшипники; 2 – вал кутового редуктора; 3 – шестерня;
5 – картер; 6 – зубчаста рейка з поршнем; 7 – гвинт; 8 – гайка; 9 – сектор

3.3.6 Гвинтова передача з двоплечим важелем

Варіанти конструкцій гвинтової передачі з двоплечим важелем наведені на рисунку 3.13.

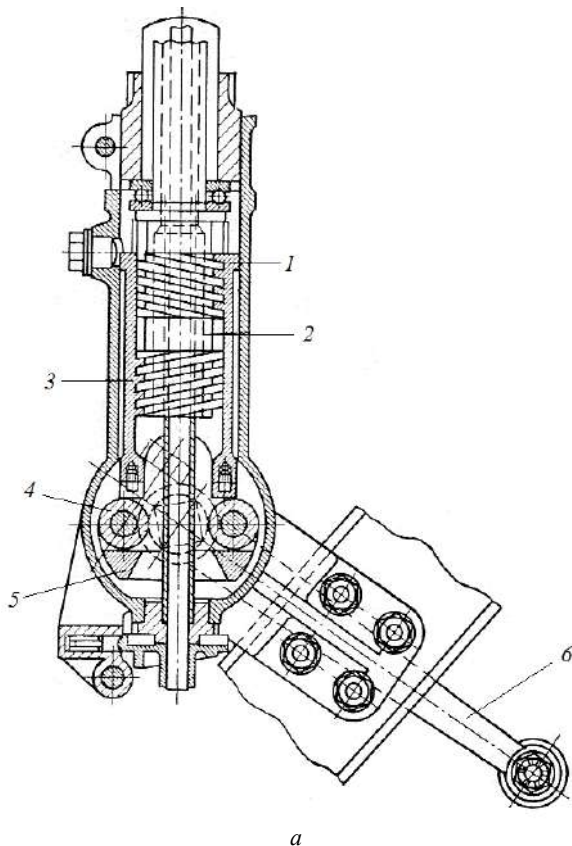
У рульовій передачі (рис. 3.13 *a*) гвинт 2 рульового валу має дві окремі ділянки з правою і лівою нарізкою. На них накладаються дві півгайки 1 і 3 з різьбленням, що відповідає різьбленню гвинта.

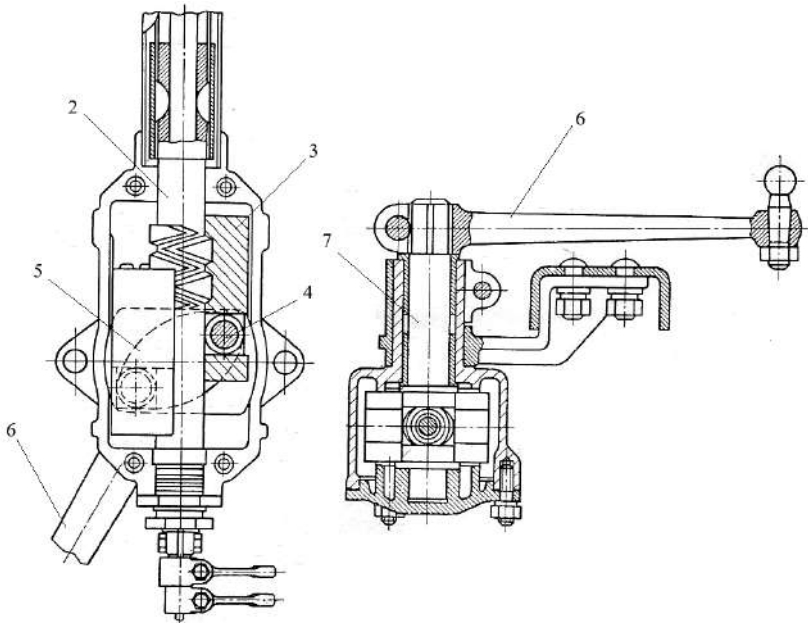
Обидві півгайки переміщуються вздовж гвинта та утримуються з ним шпонкою.

Двоплечий важіль 5 виготовлений як одне ціле з валом сошки, його кінці перетинають торці обох півгайок 1 і 3. Для зменшення тертя на важелях встановлені ролики 4.

При повороті рульового валу одна півгайка піднімається, а інша опускається і, натискаючи на кінець важеля, повертає вал сошки.

У конструкції, яка наведена на рисунку 3.13 б застосовується гвинт з двома нарізками, що перетинають одна одну. На них накладено дві півгайки, що мають нарізки різного напрямку. Така конструкція виходить компактнішою.





б

Рисунок 3.13 – Рульові механізми з гвинтовою передачею, півгайками і двоплечим важелем:
 1, 3 – напівгайки; 2 – гвинт; 4 – ролики; 5 – двоплечий важіль;
 6 – сошка; 7 – вал сошки

3.4 Механізми з кривошипною передачею

Ця передача здійснюється за допомогою циліндричного черв'яка і кривошипа, палець якого заходить у глибоку канавку черв'яка і виконується як з постійним, так і змінним передатним числом [4; с. 34–37].

За конструкцією кривошипа рульові механізми поділяються за такими ознаками:

- з одним ковзним пальцем (шипом) (рис. 3.14 а);
- з одним ковзним пальцем, що обертається (рис. 3.14 в, г);
- з двома ковзними пальцями (рис. 3.14 б);
- з одним обертовим пальцем (рис. 3.15 а, в);
- з двома обертовими пальцями (рис. 3.15 б).

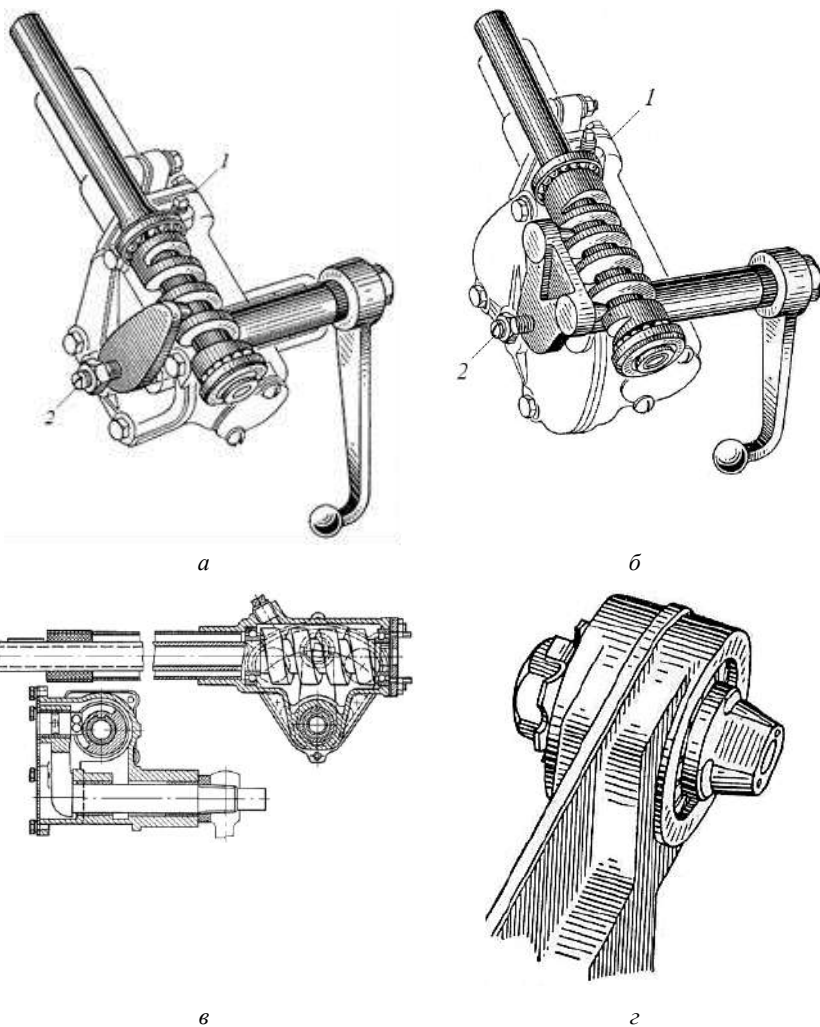


Рисунок 3.14 – Рульові механізми з кривошипною передачею та ковзними пальцями (шипами):
a – з одним ковзним пальцем (шипом); *б* – з двома ковзними пальцями;
в, г – з одним ковзним пальцем, що обертається;
1 – картер; *2* – регулювальний гвинт

У цих конструкціях черв'як, що має велику та глибоку нарізку, встановлений у картері на двох радіально-упорних кулькових підшипниках, а вал сошки – на підшипниках ковзання.

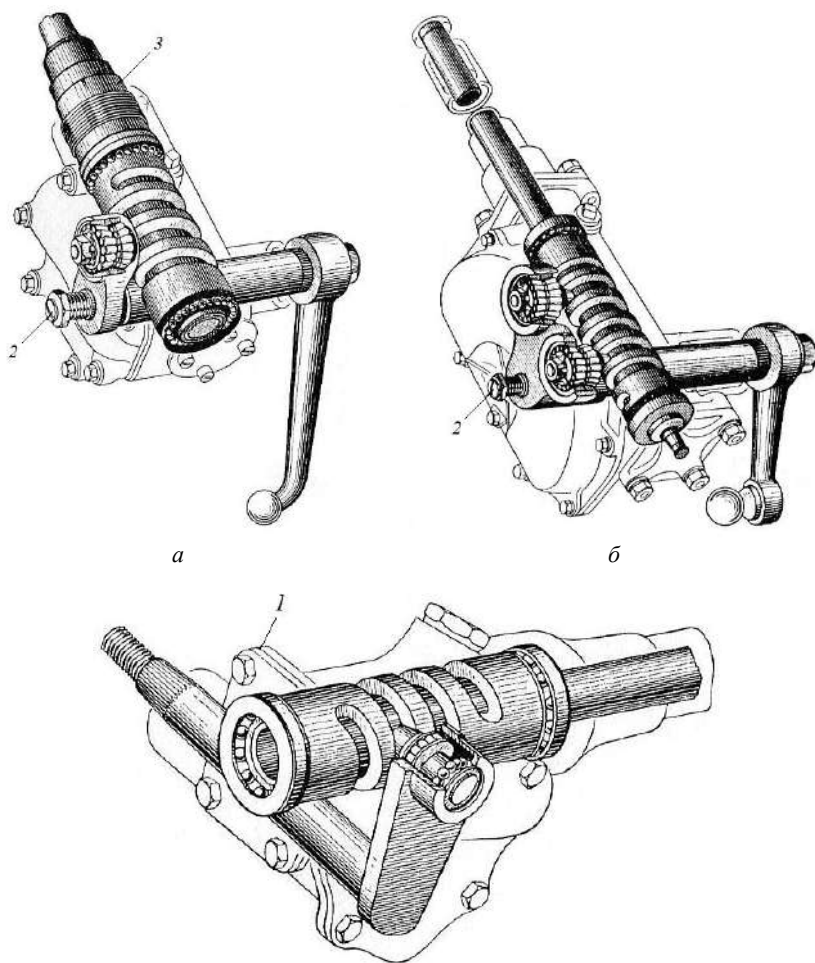


Рисунок 3.15 – Рульові механізми з кривошипною передачею та обертовими пальцями (шипами):
а, в – з одним обертовим пальцем; *б* – з двома обертовими пальцями;
1 – картер; *2* – регулювальний гвинт; *3* – вал червяка

Конічний палець (шип) кривошипа, який виконаний на валу сошки, входить у канавку черв'яка.

При повороті черв'яка його виток захоплює палець кривошипа, який, переміщаючись дугою кола, повертає вал сошки. При цьому палець кривошипа повертається відносно витка і взаємодіє з ним різними точками.

Такі механізми застосовують порівняно рідко: одношипові рульові механізми (рис. 3.16 *a*) до середини сорокових років встановлювали на вантажних автомобілях ЗІС [6, с.174-176].

Двохшипові рульові механізми (рис. 3.16 *б*) дозволяють збільшити кут повороту вала сошки на кут γ і знизити тиск на шип в середньому положенні, коли обидва шипа знаходяться в зачепленні з черв'яком (в крайніх положеннях один шип виходить з зачеплення).

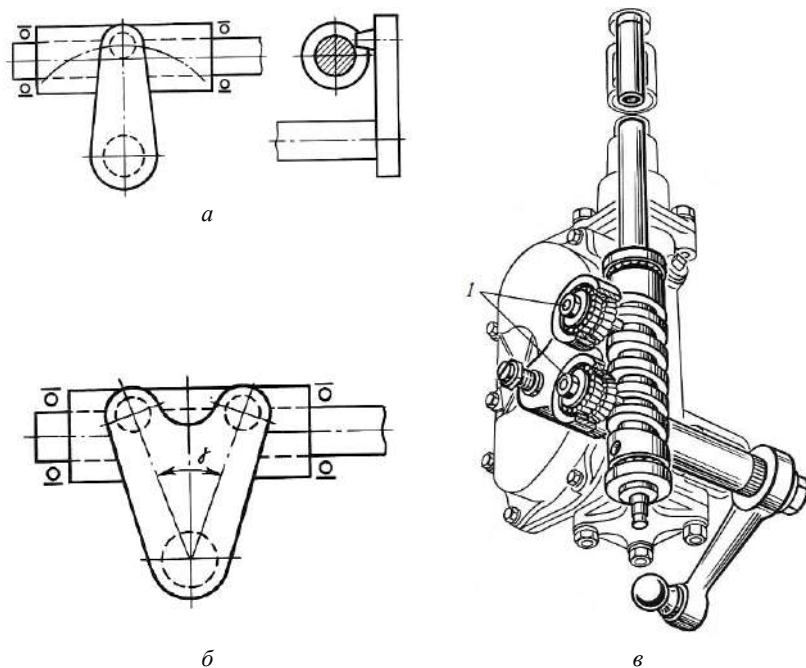


Рисунок 3.16 – Кривошипні рульові механізми:

a – з одним шипом; *б* – з двома шипами; *в* – з підшипниками на шипах:

1 – підшипники

При встановленні шипів на підшипниках *I* (рис. 3.16 в) ККД такого рульового механізму такий же, як ККД черв'ячно-роликового рульового механізму. Передавальне число кривошипного рульового механізму може бути *постійним або змінним* – це залежить від способу нарізки черв'яка.

Рульові механізми цього типу можуть бути регульованими. Для цієї мети шипи виконують конусними відповідно до профілю нарізки черв'яка. Глибина нарізки різна в середній частині та по краях, завдяки чому може бути забезпечений достатній діапазон беззаярного зачеплення.

3.5 Механізми з черв'ячною передачею

Зважаючи на невеликі ККД черв'ячних передач з черв'ячним колесом і зубчастим сектором ($\eta_1=0,60\div 0,65$; $\eta_2=0,55\div 0,65$) більш широкого поширення набули передачі з глобоїдним черв'яком та одно-, дво- та тригребневими роликами. На автомобілях з підвищеним навантаженням на керовані колеса застосовують рульові передачі з циліндричним черв'яком і бічним сектором.

Рульові механізми з передачею глобоїдний черв'як-ролик (черв'ячно-роликові) (рис. 3.17 а) встановлюють на легкових (ВАЗ моделей 2101-2107, «Москвич-2140», ГАЗ-3102, УАЗ-3151 та інші) та вантажних автомобілях здебільшого малої та середньої вантажопідйомності (ГАЗ-66, 3307 та інші). Ці передачі характеризуються порівняно високим ККД, що залежить від типу підшипників черв'яка і ролика ($\eta_1=0,80\div 0,90$; $\eta_2=0,70\div 0,75$), і приблизно постійним передатним числом, яке змінюється в межах 5–7% [1, с. 52]. Передатне число визначається ставленням зубів черв'ячного колеса (ролик розглядається як сектор черв'ячного колеса) до числа заходів черв'яка. Черв'як, як правило, однозахідний.

Рульові пари складаються з наступних елементів:

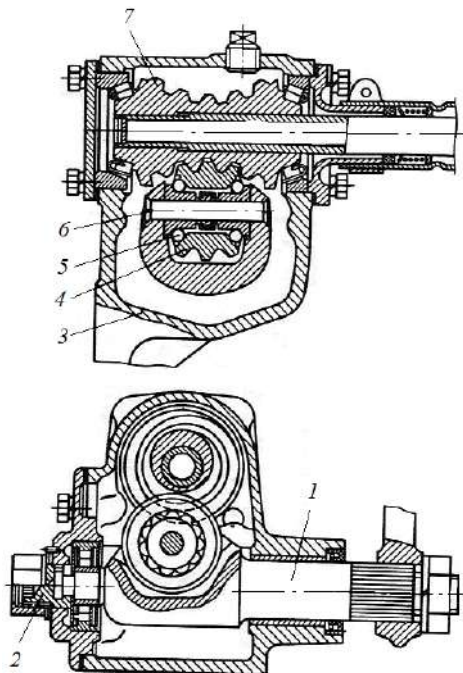
- глобоїдальний черв'як;
- дво- або тригребневий ролик.

У поодиноких випадках для автомобілів особливо малого класу застосовують одногребневий ролик.

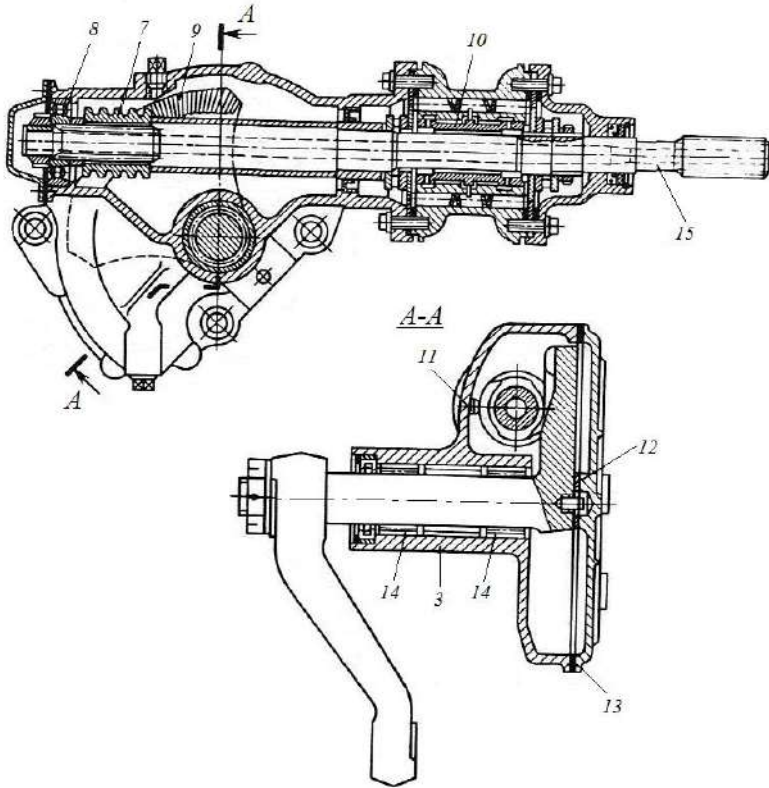
Глобоїдальний черв'як призначений для збільшення робочого кута (кута, що визначається зачепленням рульової пари) повороту вала сошки.

Черв'як встановлюють на радіально-упорних кулькових або конічних роликових підшипниках, а ролик – на кулькових або голчастих підшипниках впазу вала сошки.

Для поліпшення умов контакту з черв'яком вісь 6 ролика 4 встановлюють під кутом $0,08-0,20$ рад до осі вала сошки; зміщуючи вісь ролика відносно осі черв'яка на $5-7$ мм, можна регулювати зачеплення в експлуатації за допомогою гвинта 2, рисунок 3.17 *a*. Змінний зазор у зачепленні досягається внаслідок відмінності радіусів глобоїди та дуги повороту ролика, а також невеликого ексцентриситету нарізки витків черв'яка відносно осі його обертання в картері 3.



a



б

Рисунок 3.17 – Рульовий механізм із передачею:
а – глобоїдальний черв'як – тригребневий ролик;

- 1 – вал сошки; 2 – регулювальний гвинт; 3 – картер механізму; 4 – ролик;
 5 – кульковий підшипник; 6 – вісь ролика; б – циліндричний черв'як – бічний
 зубчастий сектор; 7 – черв'як; 8 – роликовий підшипник; 9 – сектор зі
 спіральними зубами; 10 – золотник розподільника підсилювача; 11 – упор;
 12 – бронзова шайба; 13 – кришка картера; 14 – подовжені голчасті підшипники;
 15 – вал черв'яка

*Рульові механізми з передачею циліндричний черв'як – бічний
 зубчастий сектор (черв'ячно-спіроїдні) (рис. 3.17 б) мають
 порівняно високу міцність і зносостійкість, так як черв'як 7
 контактує зі спіралеподібними зуб'ями сектора 9 практично по*

всій їх довжині, що дозволяє використовувати їх на автомобілях з підвищеними навантаженнями на керовані колеса.

У рульовій парі цього типу забезпечується досить малий тиск на зуб'я під час передачі великих зусиль.

Такий рульовий механізм встановлюється у вантажному автомобілі «Урал-4320». У зв'язку з тим, що зачеплення чутливе до зміни зазорів і прогинів, в картері 3 та кришці 13 встановлені упори 11, що обмежують переміщення сектора до 0,65 мм, черв'яка до 0,45 мм. Зменшено допуски на биття валу та сектора на взаємне становище валів [1, с. 52].

Жорсткість конструкції підвищена в результаті установки валу сектора на подовжених голкових підшипниках 14. Зазор в зачепленні черв'яка з сектором змінний і дорівнює 0,03 і 0,5 в крайніх положеннях. Зазор регулюється підбиранням товщини бронзової шайби 12.

Черв'як встановлюється в картері на роликівому підшипнику 8 і може зміщуватися в напрямку поздовжньої осі з валом 15 на 2,08–2,20 мм для забезпечення переміщення золотника 10 розподільника рульового керування.

Наявність тертя ковзання між зубами черв'яка та сектора знижує ККД передачі. При цьому прямий та зворотній ККД складають $\eta_1=0,73\div 0,77$ та $\eta_2=0,55\div 0,6$.

3.6 Енергопоглинаючі та протиугонні пристрої

Одним із заходів, що підвищує безпеку автомобілів, є встановлення травмобезпечних рульових колонок.

На легкових і вантажних автомобілях знаходять застосування травмобезпечні рульові колеса із маточиною, розміщеною нижче площини обода. Використовуються рульові колеса з м'якими накладками на маточині різної форми та розмірів, пружні рульові колеса, розчленовані рульові вали та карданні передачі.

Розміщення рульового колеса колонки і рульової передачі повинно виключати упор і забезпечити безпечне зміщення їх при зіткненні автомобіля з перешкодою.

Рульове колесо є одночасно керуючим органом, опорним і певною мірою підсилюючим пристроєм. Спільне виконання цих функцій неоднозначно визначає його розміри, форму поверхонь та координати установки. Діаметри обода, конструкція маточини

регламентовані. Зовнішні діаметри рульових коліс для легкових, вантажних автомобілів та автобусів повинні вибиратися за таким розмірним рядом: 360, 380, 400, 425, 540, 510, 550 мм. Для поліпшення ергономічності рекомендується перетин обода овальної форми з розмірами за висотою 28 мм, шириною 23 мм у поєднанні з хвилеподібними заглибленнями на його внутрішній стороні з кроком 20–22 мм і максимальною глибиною западин 2–3 мм.

У процесі експлуатації рульові колеса, особливо з малими перерізами ободів, часто покривають обплетеннями і чохлами для поліпшення зчіпних властивостей, оптимізації розмірів обода, усунення запотівання та відчуття різниці температури обода та рук водія. Стандартом (ГОСТ 25478-82) регламентована товщина обода з одягненим на нього обплетенням, яке не повинно перевищувати 40 мм. Спосіб кріплення обплетення або чохла повинен бути таким, щоб виключалися прослизання і відрив від обода рульового колеса.

Для забезпечення можливості зміщення рульового колеса при зіткненні використовують шлицеві або кулькові телескопічні з'єднання у валах рульової колонки і карданних зчленуваннях.

Енергопоглинаючі пристрої, що вбудовуються в рульові колонки, не повинні знижувати жорсткість рульового керування, щоб не погіршувалась керованість автомобіля. З погляду пасивної безпеки основною вимогою до таких пристроїв є забезпечення стабільності заданого зусилля деформації під час всього терміну експлуатації. Як зниження, так і перевищення деформуючого зусилля в порівнянні із заданим призводять до погіршення захисних властивостей енергопоглинаючих пристроїв і більшої травмованості водіїв.

В якості енергопоглинаючих пристроїв в рульових колонках застосовують: металеві, гумові, пластмасові деталі, що деформуються, що руйнуються або зміщуються. Використовують також енергопоглинаючі пристрої з рідиною та газом.

Найбільшого поширення набули механічні енергопоглинаючі пристрої з поздовжньою або поперечною деформацією деталей колонки. Їх виконують, наприклад, у вигляді циліндричних оболонок, що зминаються в поздовжньому напрямку, ослаблених до необхідного зусилля деформації поперечними гофрами або

отворами. Для забезпечення жорсткості на скручування оболонки виготовляють зазвичай з металу. Замість оболонок застосовують також металеві пластини, що деформуються.

У деяких конструкціях енергія удару поглинається при терті або поперечній деформації деталей рульової колонки, зібраних з попереднім натягом. В якості деформаторів деталей рульових колонок часто служать сталеві кульки.

Використовуються також пристрої, в яких енергія удару поглинається при взаємному зміщенні деталей рульової колонки. Стабільність зусилля переміщення рульового колеса залежить в таких конструкціях від правильного підбору матеріалів, термообробки, точності виготовлення взаємодіючих деталей.

Простотою конструкції відрізняються енергопоглинаючі пристрої у вигляді різноманітних сполучних муфт з гумовим пружним елементом, який деформується і руйнується при аварії.

Деякі автомобілі обладнають травмобезпечними подушками, які розташовують на маточині рульового колеса під декоративною накладкою; вони надуваються газом під час зіткнення автомобіля. Час спрацьовування становить 33 мс.

Застосування одноразових енергопоглинаючих пристроїв, що руйнуються при деформації рульової колонки, пов'язане з можливістю втрати керованості автомобіля, що ускладнює і буксирування аварійного автомобіля. Більш доцільно використання багаторазових енергопоглинаючих пристроїв, здатних відновлювати свої захисні функції. Перевагою багаторазових пристроїв є також можливість контролю зусилля деформації колонки, що виключено у разі застосування одноразових енергопоглинаючих пристроїв, а також одночасне виконання функцій протиугінного пристрою.

Обладнання автомобіля протиугінними пристроями регламентовано СЕК ООН, "Правилами дорожнього руху", і розглядається як один із засобів підвищення безпеки автомобілів.

В якості прикладу розглянемо травмобезпечну рульову колонку з гідромеханічним енергопоглинаючим і протиугінним пристроєм (рис. 3.18). Енергопоглинаючий пристрій містить гідроциліндр 6, встановлений в кронштейні кріплення разом з замковим пристосуванням 9. Поршень гідроциліндра 6 пов'язаний з рульовим колесом і утримується у верхньому

положенні пружиною 5 і тиском рідини, створюваним пружинами виконавчих циліндрів 2 і 3. Циліндри встановлені відповідно у педалі 1 робочої гальмівної системи і в приводі до педалі 4 подачі палива. У гідравлічний ланцюг включений також розмикач 8 ланцюга системи запалювання.

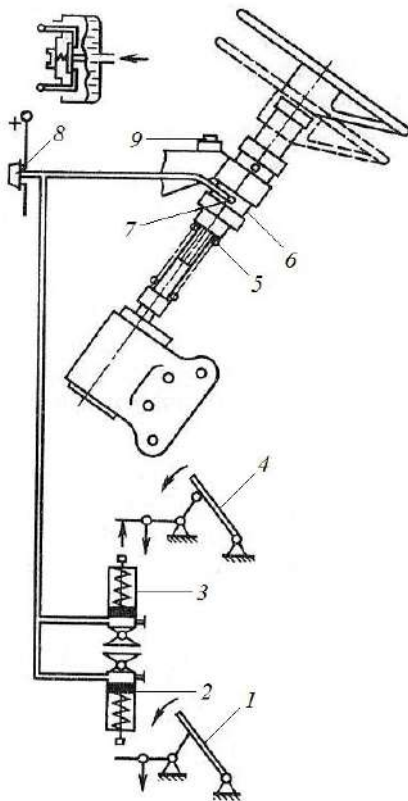


Рисунок 3.18 – Схема травмобезпечної рульової колонки з гідромеханічним енергопоглинаючим і протиугінним пристроєм:

- 1 – педаль робочої гальмівної системи; 2, 3 – гідроциліндри; 4 – педаль приводу подачі палива; 5 – пружина; 6 – гідроциліндр; 7 – дросель; 8 – розмикач; 9 – замковий пристрій

Перед зіткненням або при ударі автомобіля об перешкоду водій, упираючись у рульове колесо, зміщує його разом з поршнем; пружина 5 стискається, і рідина з циліндра 6 витісняється в циліндри 2, 3 і розмикач 8. Впливом поршнів циліндрів 2 і 3 припиняється подача палива в двигун, зміщується педаль 1 робочої гальмівної системи і вимикається запалювання. При цьому, крім зниження швидкості руху та небезпеки виникнення пожежі при зіткненні, зменшується ймовірність невірних дій водія в стресових ситуаціях (наприклад, при дії на педаль подачі палива замість педалі робочого гальма).

У процесі зміщення рульового колеса, стиснення пружини 5 і витіснення рідини гідроциліндри 2 і 3 поглинається енергія удару. При відпусканні рульового колеса пружини повертають рухомі деталі у вихідне положення, і рідина, що витісняється з циліндрів 2 і 3, повертається в циліндр 6. Енергопоглинаючий пристрій готовий до повторного використання.

При зміщенні рульового колеса на стоянці і фіксації його в нижньому положенні за допомогою замкового пристрою 9 забезпечується комплексне вимикання приводів керування подачею палива, загальмовування автомобіля і вимикання системи запалення двигуна, що зменшує можливість викрадення автомобіля. Підбором зусиль пружин і перерізу дроселя 7 регулюється необхідний опір при переміщенні рульового колеса. Заповнення системи рідиною і видалення повітря з неї відбувається при відкритті вентилів, розміщених на циліндрах 2, 3 і 6. Рульові колонки з багаторазовими енергопоглинаючими і протиугінними пристроями знижують ймовірності невірних дій водія в стресових ситуаціях, але до певної міри ускладнюють конструкцію рульового керування та вартість його виробництва.

Широке поширення кабін, що відкидаються, необхідність задовольнити вимоги з безпеки рульової колонки і надійності її кріпильних з'єднань розширили область застосування розчленованих і телескопічних рульових валів з карданными передачами. Більш детально конструкції рульових валів наведені у розділі 6 посібника.

Телескопічні вали дозволяють не тільки забезпечити необхідні переміщення рульового колеса відносно рульового механізму при відкиданні кабіни та її коливаннях на еластичних

опорах, але й ізолювати рульове колесо від вісьових вібрацій і тим самим покращити комфортні умови водія.

У зв'язку із застосуванням на автомобілях електронних інформаційних систем з'явилася тенденція розташовувати частину індикаторів і органів керування засобами відображення інформації безпосередньо над маточиною рульового колеса так, щоб водій міг здійснювати керування ними не знімаючи рук з рульового колеса. Для забезпечення незмінного положення такого пульта при поворотах рульового колеса колеса. Для забезпечення незмінного положення такого пульта при поворотах рульового колеса зазвичай використовують планетарні механізми.

З метою підвищення безпеки руху іноді в рульових керуваннях використовують засоби контролю фізіологічного стану організму водія. Наприклад, в одній із моделей Ніссан застосований електронний сигналізатор зниження працездатності водія.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які елементи конструкції входять до складу рульового механізму?
2. Перелічіть переваги конструкції рейкових рульових механізмів.
3. Яка ознака визначає тип рейкового рульового механізму?
4. Яке конструктивне виконання можуть мати механізми з гвинтовою передачею?
5. За рахунок чого здійснюється обертання валу сошки у рульовому механізмі, який наведено на рисунку 3.8?
6. У чому полягає виконання рульового керування з комбінованими передачами?
7. За якими ознаками розрізняють механізми з кривошипною передачею?
8. Чим відрізняються конструкції рульових пар, які наведено на рисунках 3.14 б і 3.15 б?
9. Назвіть рульові пари черв'ячних передач.
10. Які ККД мають рульові механізми, що наведено на рисунку 3.17?
11. Яке призначення пружини 5 на рисунку 3.18?

12. Яку функцію виконують гідравлічні циліндри 2 і 3, що наведено на рисунку 3.18?

4 ПІДСИЛЮВАЧІ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

4.1 Призначення, загальний пристрій та вимоги, що пред'являються до конструкції

Підсилювач застосовується у системі рульового керування з метою полегшення праці водія та забезпечення безпеки руху [4, с. 22].

Підсилювач рульового керування складається з наступних елементів конструкції:

- джерело енергії;
 - компресор із ресивером;
 - гідронасос;
 - акумулятор тиску з гідронасосом.
- виконавчий орган (силовий елемент, наприклад, окремий циліндр);
 - розподільчий орган (розподільник);
 - центруючий елемент;
 - реактивний пристрій.

Рульове керування з вбудованим у нього підсилювачем – це стежача система з жорстким зворотним зв'язком. При цьому зв'язок обумовлений порівнянням зусиль, які прикладаються водієм до рульового колеса із силами опору повороту, тобто вертикальними реакціями у пятні контакту шини з опорною поверхнею.

При застосуванні підсилювача за певними умовами дещо підвищується зношування шин, а також погіршується стабілізація керованих коліс.

До рульових підсилювачів пред'являють наступні вимоги [1, с. 79]:

– зниження енергетичних витрат водія при маневруванні з низькими швидкостями або на повороті керованих коліс (ланки зчленованого автомобіля) на місці на поверхнях з високими зчіпними властивостями;

– забезпечення оптимальних за ергономічними умовами навантажувальних та швидкісних характеристик рульового керування при русі з високими та середніми швидкостями, тобто таких зусиль на рульовому колесі, при яких чутливість водія і точність дозування керуючих впливів найбільші, а стомлюваність найменша;

– забезпечення кінематичної і силової слідкуючої дії (кінематична – пропорційність між кутовим переміщенням рульового колеса і кутом повороту керованих коліс; силова стежача дія – пропорційність між силою, прикладеною до рульового колеса, і силою опору повороту керованих коліс);

– забезпечення можливості утримання автомобіля на дорозі при пошкодженні шин або підвіски, а також можливості керування автомобілем при відмові підсилювача. Якщо при керуванні в цьому режимі зусилля на рульовому колесі перевищують 500 Н, необхідно використовувати додаткові джерела енергії підсилювача, дублювання елементів підсилювача тощо. Доцільно застосування пристроїв, що сигналізують про падіння тиску рідини та відмови елементів підсилювача;

– за сучасними вимогами автомобіль повинен бути обладнаний двоконтурним рульовим підсилювачем, якщо при відмові підсилювача зусилля на кермо перевищує 600 Н при вході в поворот радіусом 12 м повністю завантаженого автомобіля на швидкості 2,78 м/с за час не більше 6 с;

– збереження стабілізації коліс, ефективне гасіння поштовхів та ударів з боку дороги, виключення можливості автоколивань керованих коліс;

– виключення можливості довільного включення від поштовхів керованих коліс

– зниження непродуктивних енергетичних витрат на роботу підсилювача, для чого зменшують довжину і збільшують діаметри магістралей та прохідні перерізи дроселів розподільників, застосовують розвантажувальні пристрої насосів, регулятори витрати рідини, насоси зі змінним робочим об'ємом, регульовані електроприводи насосів та інші засоби;

– висока надійність вузлів та деталей підсилювачів;

– технологічність у виробництві та експлуатації;

– раціональна уніфікація;

– мала маса, габарити;

– мінімальний рівень шуму.

4.2 Ознаки класифікації та їх коротка характеристика

Розрізняють наступні ознаки класифікації підсилювачів (А–Е).

А. За родом робочого середовища або використовуваної енергії підсилювачі поділяються на:

- механічні;
- електричні;
- пневматичні;
- гідравлічні.

Сутність механічного підсилення полягає у конструктивному виконанні рульової пари, яка застосована у рульовому механізмі та визначається величиною силового переднього числа.

Електричні підсилювачі отримали найбільше застосування у системах рульового керування сучасних легкових автомобілів. У системах рульового керування з електропідсилювачем, що базуються на конструкції рульового механізму типу «шестерня – рейка», збільшення зусиль здійснюється завдяки електродвигуну. При цьому сила, що створюється на якорі електродвигуна передається на зубчасту рейку за допомогою сервоприводу. У загальному вигляді електрична система автомобіля живить електродвигун і його контур через ЕБК. Сигнал рульового керування реєструється системою датчиків крутного моменту, перетворений сигнал передається до ЕБК. Система датчиків крутного моменту встановлюється окремо, а електродвигун, серводвигун зазвичай об'єднуються в один агрегат.

Перевагами електричного підсилювача є [21]:

- точність, відсутність люфту; плавне і параметричне керування;
- збільшення потужності на вимогу: енергія потрубується тільки під час самого процесу рульового керування;
- ЕБК програмується для конструкції рульового керування, яка враховує особливості автомобіля, включаючи різні режими водіння;
- інтеграція сучасних допоміжних функцій (система попередження про схід зі смуги руху; система автоматичного уникнення зіткнень; автоматичне водіння).

Пневматичні підсилювачі, що з'явилися значно раніше гідравлічних, хоча в багатьох випадках економічно і вигідніші,

ніж гідравлічні, не мали цілком відпрацьованих механізмів і тому не отримали достатнього поширення.

Такі підсилювачі отримали застосування на вантажних автомобілях КрАЗ ранніх років випуску, тролейбусах, деяких автобусах, керування яких ускладнене, які мали гальмівне пневмообладнання.

Основні недоліки пневмопідсилювачів:

- великий час спрацьовування (у 5–10 разів більше, ніж у гідропідсилювача);
- великі розміри, що пов'язано з невисоким робочим тиском (0,6–0,8 МПа).

Гідравлічний підсилювач не тільки полегшує рульове керування, але і сприймає зворотні удари і зберігає напрямок руху автомобіля при наїзді на нерівність одним колесом або проколі шини. Ці якості зменшують стомлюваність водія та підвищують безпеку руху автомобіля.

Системи рульового керування з гідропідсилювачем з'явилися у США ще 1940-х роках, тоді як на європейському ринку такі системи з'явилися в 1950-х роках. Системи мають рульові механізми типу «шестерня – рейка», «гвинт – кулькова гайка». В обох варіантах гідравлічний насос створює додатковий тиск рідини, який у сивому циліндрі перетворюється у зусилля, що діє на відповідний елемент конструкції, наприклад, на рейку або поршень комбінованого рульового механізму. Є системи рульового керування і з механізмом типу «черв'як-ролик» з гідравлічним підсилювачем, однак додаткове зусилля від силового циліндра передається на поперечну рульову тягу (автомобіль ГАЗ-66).

Гідравлічні підсилювачі застосовуються на всіх вантажних автомобілях великої вантажопідйомності: МАЗ, КрАЗ, УРАЛ, КамАЗ, ГАЗ, а також легкових автомобілях. Що стосується автомобілів історії, то це легкові автомобілі ЗІЛ-114, ГАЗ-13 «Чайка».

Переваги гідропідсилювачів:

- мінімальний час спрацьовування (0,2–2,4 с);
- поглинання ударів і поштовхів, що сприймаються керованими колесами зі сторони дороги і передаються в рульове колесо.

Б. *За принципом дії робочого середовища* розрізняють конструкції з розподільниками:

– з безперервною циркуляцією робочого середовища (робоче середовище постійно циркулює від насоса до розподільника підсилювача і далі від нього на злив у бак насоса, при цьому тиск рідини виходить порівняно невеликим і необхідним тільки для подолання опору її перетіканню);

– з періодичною подачею робочого середовища (робоче середовище, що знаходиться під тиском, періодично подається в силовий циліндр підсилювача після відкриття клапана, що з'єднує його з акумулятором або ресивером тиску).

В. *За компоновками основних елементів:*

– з силовим циліндром, виконаним в одному блоці з рульовим механізмом або окремо від нього;

– із розподільником, розташованим після рульової передачі або до неї.

Г. *По дії підсилювача на рульове колесо:*

– з реактивною дією (зусилля, що докладається до рульового колеса, долає силу центруючої пружини і зусилля, що виникає від реактивного елемента, вбудованого в розподільник, і що збільшується з підвищенням опору коліс повороту);

– без реактивної дії (зусилля, що докладається до рульового колеса, долає силу центруючої пружини і залишається постійним при повороті).

Д. *За конструкцією розподільника:*

– з вісьовим золотником;

– з тангенціальним золотником.

Е. *За конструкцією силового циліндра:*

– прямої дії (робоче середовище спрямовується тільки в одну порожнину силового циліндра, і тиск робочої рідини діє тільки на одну площу поршня);

– диференціальної дії (робочі площі поршня різні, робоче середовище направляється або в одну штокову порожнину з

меншою робочою площею поршня або в обидві порожнини одночасно).

4.3 Оцінка компоувальних схем

Взаємне розташування, кількість складальних одиниць підсилювача в рульовому керуванні та їх взаємозв'язок істотно впливають на керованість, маневреність та безпеку руху автомобілів.

У загальному випадку розрізняють наступні компоувальні схеми підсилювачів:

- вбудована;
- роздільна;
- напіввбудована;
- об'єднана.

Для підвищення чутливості, точності керування, стабільності характеристик в експлуатації, а також зменшення ймовірності виникнення коливань в підсилювачі доцільно зменшувати число передавальних ланок у ланцюзі «рульовий механізм – розподільник – гідроциліндр» і довжину магістралей. З метою поліпшення захисту рульового керування від зовнішніх збурень та зниження числа деталей, навантажених зусиллям циліндра, останній доцільно встановлювати у коліс. Однак бажано використовувати стандартні механізми, наприклад, здвоєні циліндри на багатоосних автомобілях при збільшенні навантаження і числа керованих коліс [1, с. 84].

У вбудованому рульовому підсилювачі число передавальних ланок значно менше, виключений вплив зазорів у рульовій передачі, краще показник чутливості підсилювача. У зв'язку із скороченням числа передавальних ланок у ланцюзі зворотного зв'язку та довжини трубопроводів підвищується стійкість підсилювача до виникнення коливань та його швидкодія. Разом з тим на деталі рульового приводу і частину деталей рульової передачі впливають зусилля від циліндра та зовнішні сили, що обумовлює необхідність зміцнення картера та рами в місцях кріплення. При цьому обмежуються можливості використання стандартних механізмів.

Підсилювачі, виконані за компоувальною схемою з вбудованим підсилювачем, застосовують, в основному, на

легкових автомобілях у поєднанні з передачами «шестерня – рейка» або «гвинт – кулькова гайка», «рейка – зубчастий сектор», і на вантажних автомобілях малої та середньої вантажопідйомності. Вбудовані рульові підсилювачі використовують і на важких автомобілях, наприклад, підсилювачі на вантажних автомобілях МАН 40.365 і ФАУН FZ 40.45/45 з навантаженнями на керований міст 8; 5 і 10 т відповідно.

У роздільному підсилювачі краще захищеність деталей рульового керування, так як циліндр розташований ближче до коліс, полегшена компоновка підсилювача і можна використовувати стандартні рульові механізми і розподільники на автомобілях підвищеної вантажопідйомності. Однак чутливість і швидкодія підсилювача знижені через збільшення зазорів у ланцюзі керування розподільником. Оскільки зростає кількість деталей у ланцюгу зворотнього зв'язку і протяжність магістралей, підвищується ймовірність виникнення коливань підсилювача.

Напіввбудований рульовий підсилювач забезпечує порівняно високу чутливість при включенні, має більшу кількість передавальних ланок у ланцюзі зворотного зв'язку і величину вільного ходу в ньому за рахунок зазорів у рульовій передачі. Разом з тим зберігається можливість використання стандартних рульових механізмів, розподільників і циліндрів у більш широкому діапазоні навантажень на керовані колеса.

В об'єднаному підсилювачі можна використовувати стандартний рульовий механізм за меншої довжини трубопроводів. Застосування рухомого гідроциліндра, скомпонованого спільно з розподільником, ускладнює установку підсилювача на автомобілі і створює додаткові навантаження на золотник при повороті коліс.

Таким чином, для вантажних автомобілів з підвищеними навантаженнями на керовані колеса, в тому числі і багатівісних з кількома керованими колесами, краще застосовувати напіввбудований і роздільний підсилювач. Слід зазначити, що перший з них забезпечує більш високу чутливість.

За наявності кількох керованих осей гідроциліндри ставлять на кожну вісь і підключають до одного розподільника. Через

збільшення довжини магістралей зростають втрати тиску рідини. Відмінність моментів опору повороту коліс, наявність зазорів в механічному приводі та його пружності зумовлюють появу додаткових зусиль і коливань у міжвісьовому рульовому приводі, а також порушення кінематичних зв'язків між колесами, що виражається, наприклад, у тому, що задні колеса залишаються нерухомими на початку повороту передніх коліс або при зміні напрямку їх повороту. У цьому випадку краще застосування індивідуальних підсилювачів на віддалених осях з командним зв'язком між розподільниками. Міжвісьовий рульовий привід розвантажується від значних зусиль і може бути виконаний більш легким.

Істотний вплив на роботу підсилювача надає розташування та місце відбору потужності для насоса. Для зменшення втрат тиску рідини та її нагрівання при постійній циркуляції насоси прагнуть наблизити до розподільника та циліндра. Режим роботи насоса з приводом від двигуна або механізмів трансмісії з перемінною частотою обертання ведучого валу часто не узгоджується з необхідним режимом роботи підсилювача.

При компонуванні насоса з приводом від двигуна водій має можливість регулювати ефективність роботи підсилювача зміною частоти обертання валу двигуна при вимкненому зчепленні. Однак при раптовій зупинці двигуна підсилювач вимикається. У зв'язку з цим доцільно застосовувати комбінований привід насоса від двигуна і механізму трансмісії, що дозволяє забезпечити аварійний режим керування до зупинки автомобіля. На автомобілях підвищеної вантажопідйомності і зчленованих автомобілях, керування якими зусиллями водія навіть при підвищених значеннях u_p ускладнено, використовують схеми зі здвоєними насосами.

У схемі, представленій на рисунку 4.1, основний насос *11* дублюється насосом *10* з приводом від трансмісії.

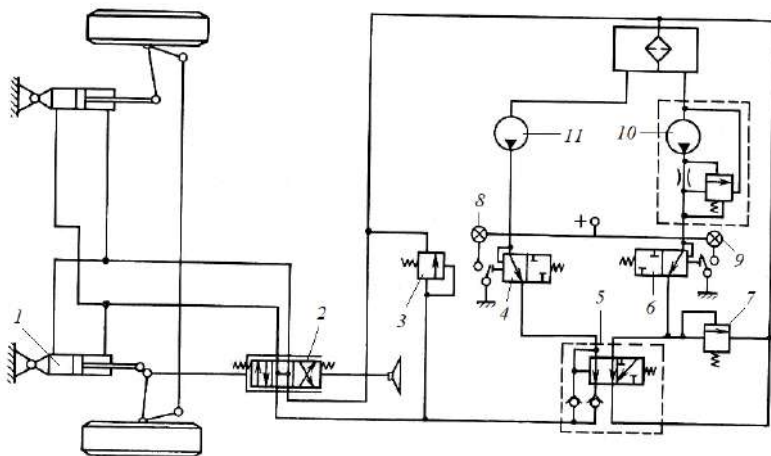


Рисунок 4.1 – Схема рульового керування з дублюючим насосом підсилювача: 1 – гідроциліндр підсилювача; 2 – розподільник; 3, 7 – клапани; 4 – витратомір; 5 – перемикач; 6 – витратомір; 8, 9 – лампи; 10 – насос; 11 – основний насос

При працюючому двигуні насос 11 подає рідину через витратомір 4 і перемикач 5 насосів до розподільника 2 і далі до двох гідроциліндрів 1 підсилювача. Тиск рідини в підсилювачі регулюється клапаном 3.

В процесі руху подача насоса 10 обмежується регулятором витрати, а тиск – клапаном 7. При зниженні продуктивності насоса 11 або зупинці двигуна пружина витратоміра 4 зміщує золотник, відключаючи насос 11, включає лампу 5, сигналізуючу про аварійний режим роботи підсилювача. При відключенні насоса 11 пружина перемикача зміщує його золотник і з'єднує насос 10 з підсилювачем. Кульковий клапан (лівий) дублює відключення насоса 11.

При зниженні швидкості руху автомобіля тиск рідини, що розвивається насосом 10, зменшується. З виходом підсилювача на критичний режим роботи тиск рідини в порожнині витратоміра 6 падає. Пружина витратоміра зміщує золотник, включаючи лампу 9, яка сигналізує про необхідність збільшення швидкості руху або зупинки автомобіля.

Наявність двох гідроциліндрів покращує демпфуючі властивості підсилювача, що забезпечує рівномірне

навантаження в рульовому приводі. Крім того, можна використовувати стандартні гідроциліндри при збільшених навантаженнях на керовані колеса.

Компонувальна схема значною мірою визначає конструкцію підсилювача та його складальних одиниць. Наприклад, при розміщенні розподільника на рульовому валу застосовуються вісьові та роторні розподільники. Компоновка розподільника в рульовому приводі є доцільною при використанні вісьового розподільника.

Найбільшого поширення набули розподільники з циліндричними чотирьохдросельними золотниками. Чотирьохдросельні золотники компактні, легко врівноважуються в потоці рідини і компонується з реактивними пристроями розподільника. Разом з тим потрібна висока точність виконання трьох взаємопов'язаних розмірів у корпусі та на золотнику, що визначають робочі характеристики розподільника та підсилювача в цілому. Застосування замість одинарних здвоєних золотників, що механічно пов'язані між собою, дозволяє спростити технологію виробництва розподільників.

Компонувальна схема підсилювача впливає і на конструктивні особливості гідроциліндрів. Наприклад, у вбудованому підсилювачі розміщення циліндра в одному картері з рульовою передачею ускладнює технологію виробництва, ремонту та підвищує його вартість. Певною мірою ускладнюється конструкція гідроциліндра і при спільній його компоновці з розподільником в об'єднаному підсилювачі, найбільш прості в конструктивному і технологічному відношенні гідроциліндри, що застосовуються в роздільному і напіввбудованому підсилювачах.

4.4 Принцип дії підсилювачів

Принцип дії підсилювача (рис. 4.2 *a*) полягає в тому, що при повороті рульового колеса спочатку приводиться в дію розподільний орган (розподільник) 2, який керує потоком робочого середовища, що спрямовується в силовий циліндр 3 з насоса 1. При досягненні у циліндрі необхідного тиску поршень повертає пов'язані з ним керовані колеса. При цьому зворотний жорсткий зв'язок між колесами і розподільчим органом закриває клапан, і рух потоку робочого середовища припиняється.

4.4.1 Розподільник з безперервною подачею робочого середовища

Схема дії розподільника гідравлічного підсилювача з *безперервною циркуляцією рідини* наведена на рисунку 4.2 б. Два гребеня 4 золотника розташовані в гільзі між чотирьма щілинами 5, з яких дві напірні з'єднують центральний напірний канал 6 з 7 каналами, що йдуть в обидві порожнини силового циліндра. Інші дві щілини зливні і з'єднують порожнини циліндра з каналами 8, що відводять рідину на злив. Принцип дії золотникового розподільника з безперервною циркуляцією рідини полягає в тому, що зусилля, що виникає в силовому циліндрі, створюється за рахунок різниці тисків в обох його порожнинах, що утворюються внаслідок зміни опору прохідних перерізів, через які йде потік рідини. Це досягається шляхом переміщення золотника вздовж осі. При цьому одна з напірних щілин, що відноситься до однієї порожнини силового циліндра, розширюється, а інша щілина, що відноситься до другої порожнини – звужується. У той же час зливна щілина, що відноситься до першої порожнини, звужується, а до другої – розширюється.

Прохідні перерізи, що утворюються кромками золотника і кромками напірних і зливних щілин, роблять однаковими, щоб звуження однієї щілини відповідало розширенню іншої.

4.4.2 Розподільник з періодичною подачею робочого середовища

Розподільник підсилювача з *періодичною подачею робочого середовища* застосовується в гідравлічних та пневматичних підсилювачах. У розподільнику гідравлічного підсилювача (рис. 4.2 в) канали 7, сполучені з силовим циліндром, перекриті гребенями 4 золотника, а при його переміщенні рідина під тиском з каналу 6 направляється в один з каналів 7 і далі в одну з порожнин силового циліндра. З іншої порожнини рідина по іншому каналу йде на злив.

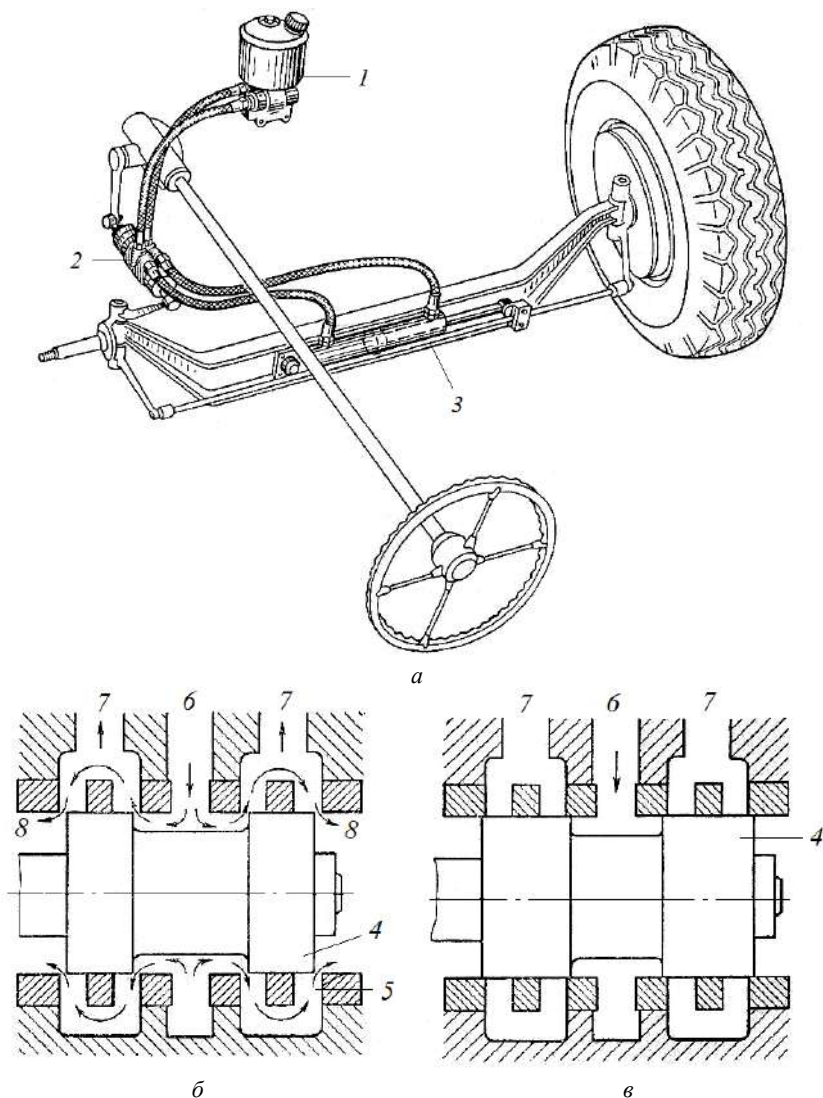


Рисунок 4.2 – Загальна схема рульового керування з підсилювачем та принцип дії розподільника:
a – принцип дії; *б* – з безперервною циркуляцією; *в* – з періодичною подачею робочого середовища; 1 – насос; 2 – розподільник; 3 – силовий циліндр; 4 – гребені золотника; 5, 6, 7 – канали; 8 – порожнина корпусу золотника

Схема дії розподільника з періодичною подачею робочого середовища в пневматичному підсилювачі показана на рисунку 4.3. При повороті рульового колеса через систему тяг і важелів 1, 2, 3, 4 і 5 відкривається впускний клапан 6. Стиснене повітря наповнює силовий циліндр 7 і при досягненні в ньому необхідного тиску керовані колеса повертаються. Жорсткий зворотний зв'язок при цьому закриває клапан, і надходження повітря в циліндр припиняється.

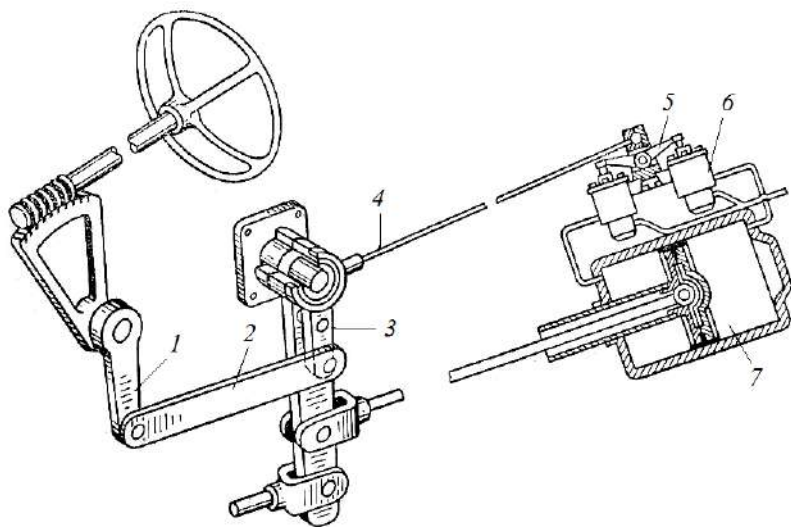


Рисунок 4.3 – Схема дії пневматичного підсилювача з періодичною подачею стисненого повітря:

1, 2, 3, 4, 5 – важелі; 6 – впускний клапан; 7 – силовий циліндр

У зв'язку з тим, що жорсткий зв'язок є тільки між рульовим колесом і розподільником з одного боку і між силовим циліндром і керованими колесами – з іншого, всю систему рульового керування з підсилювачем можна уявити розділеною та знайти дві не пов'язані між собою частини так, як це схематично зображено на рисунку 4.4. В одну частину – «командну» – входять рульовий механізм, тяги 1, 2, 3, 4 і 5 і розподільник 6, а в іншу – «виконавчу» – входять деталі від силового циліндра 7 до поздовжньої тяги 8, пов'язаної з керованими колесами.

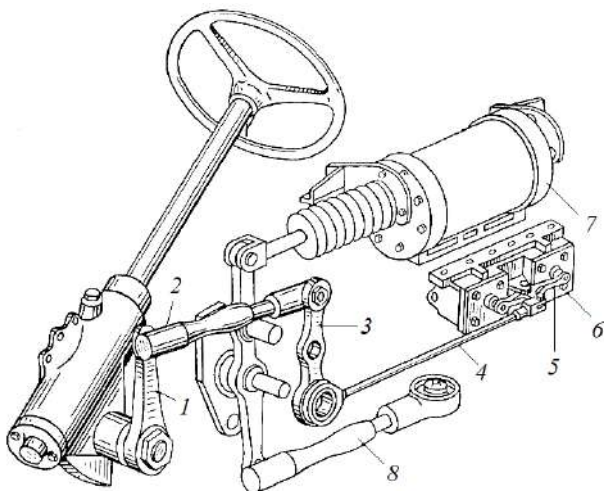


Рисунок 4.4 – Рульове керування з підсилювачем, поділене на дві системи:
 командна: 1, 2, 3, 4, 5 – тяги; 6 – розподільник;
 виконавча: 7 – силовий циліндр; 8 – поздовжня тяга

4.5 Пневматичні підсилювачі

На рисунку 4.5 наведено деякі приклади компоновки елементів пневматичного підсилювача вантажних автомобілів, на рисунку 4.6 – автобусів.

За компоновкою підсилювача, яка наведена на рисунку 4.5 а, силовий циліндр 1 прикріплюється до балки передньої осі, а розподільник повітря 2 – до головки поздовжньої тяги.

В іншому компонуванні (фірми Бендікс-Вестингауз) силовий циліндр 1 (рис. 4.5 б) з'єднується безпосередньо з рульовою сошкою. Повітророзподільник 2 розміщується на рульовій колонці.

В автомобілі КраЗ силовий циліндр 1 (рис. 4.5 в) підсилювача укріплений на правому лонжероні рами і через двоплечий важіль і додаткову поздовжню тягу з'єднаний з поворотним важелем правої поворотної цапфи. Повітророзподільник 2 при цьому розташований зліва і приводиться в дію від слідкуючого важеля здвоєної рульової сошки.

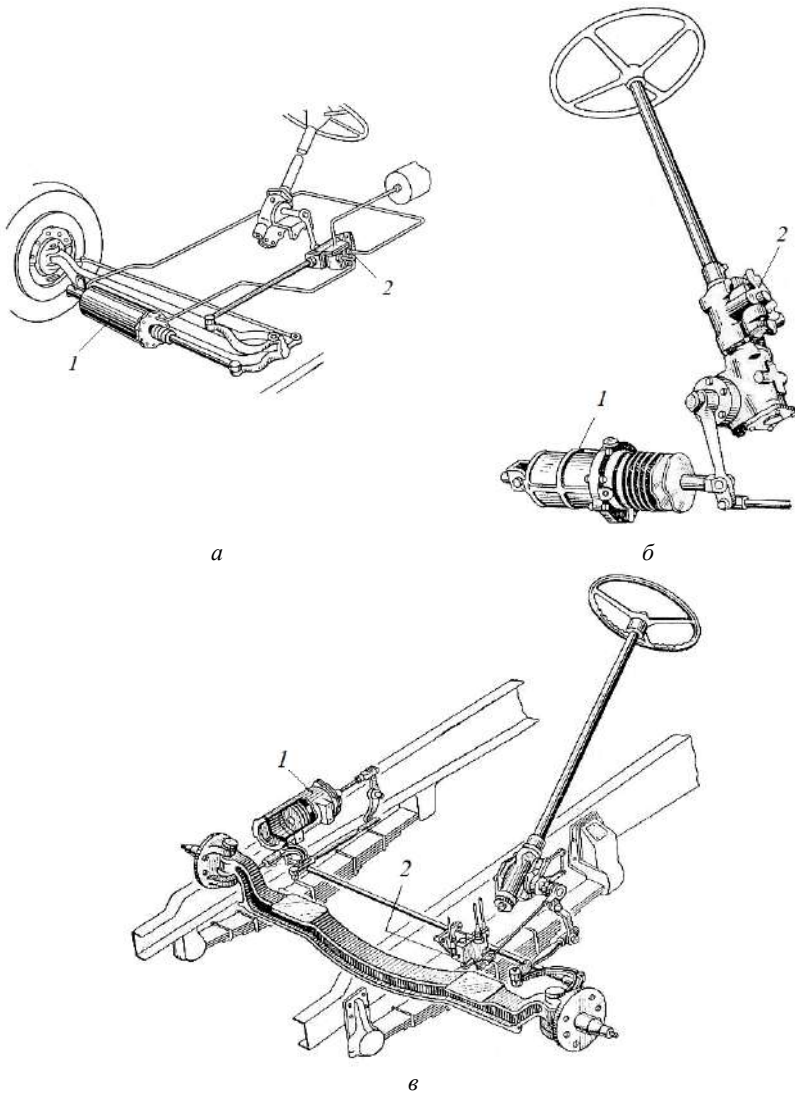


Рисунок 4.5 – Компонівка елементів пневматичного підсилювача в системі
 рульового керування вантажних автомобілів:
 1 – силловий циліндр; 2 – повітродозподільник

В автобусі «Шоссон» (Франція, 50-і роки минулого століття) силовий циліндр 1 прикріплений до рами, шток – до одного з важелів здвоєного проміжного важеля 3, що з'єднує кінці поздовжньої розрізної тяги 4, а розподільник повітря 2 – до рами, рисунок 4.6 а.

У деяких конструкціях силовий циліндр 1 (рис. 4.6 б) може бути розташований паралельно поздовжній тязі і прикріплений до рами і до переднього кінця поздовжньої тяги. Повітророзподільник 2 при цьому розміщений в штоку поршня і приводиться в дію при переміщенні кульового пальця рульової сошки.

Представляє інтерес компоновка підсилювача конструкції ЛАЗ-НАМІ на автобусі «Львів» (рис. 4.6 в). Силовий циліндр 1 підвішений на двох шипах 4, прикріплених до нього поблизу передньої кришки. Це збільшує поздовжню стійкість штока поршня, кінець якого прикріплений до пальця рульової сошки і передає зусилля безпосередньо до поздовжньої тяги. Повітророзподільник 2 розміщений на спеціальному кронштейні, прикріпленому безпосередньо до картера рульового механізму.

В уніфікованому тролейбусі-автобусі ЗіУ силовий циліндр 1 (рис. 4.6 г) прикріплений до проміжного важеля 3, що з'єднує кінці поздовжньої розрізної тяги. Повітророзподільник 2 встановлений на спеціальному кронштейні, закріпленому безпосередньо до картера рульового механізму, і приводиться в дію від слідкуючого важеля здвоєної рульової сошки. Ця компоновка найбільш цікава і правильна. Кріплення повітророзподільника на спеціальному кронштейні забезпечує надійну роботу підсилювача. Деформації різних вузлів, що виникають у процесі руху автомобіля, як, наприклад, рами, кронштейна кріплення картера рульового механізму та інших деталей і вузлів ніяк не впливають на включення підсилювача, і тим самим забезпечується цілком надійна його робота.

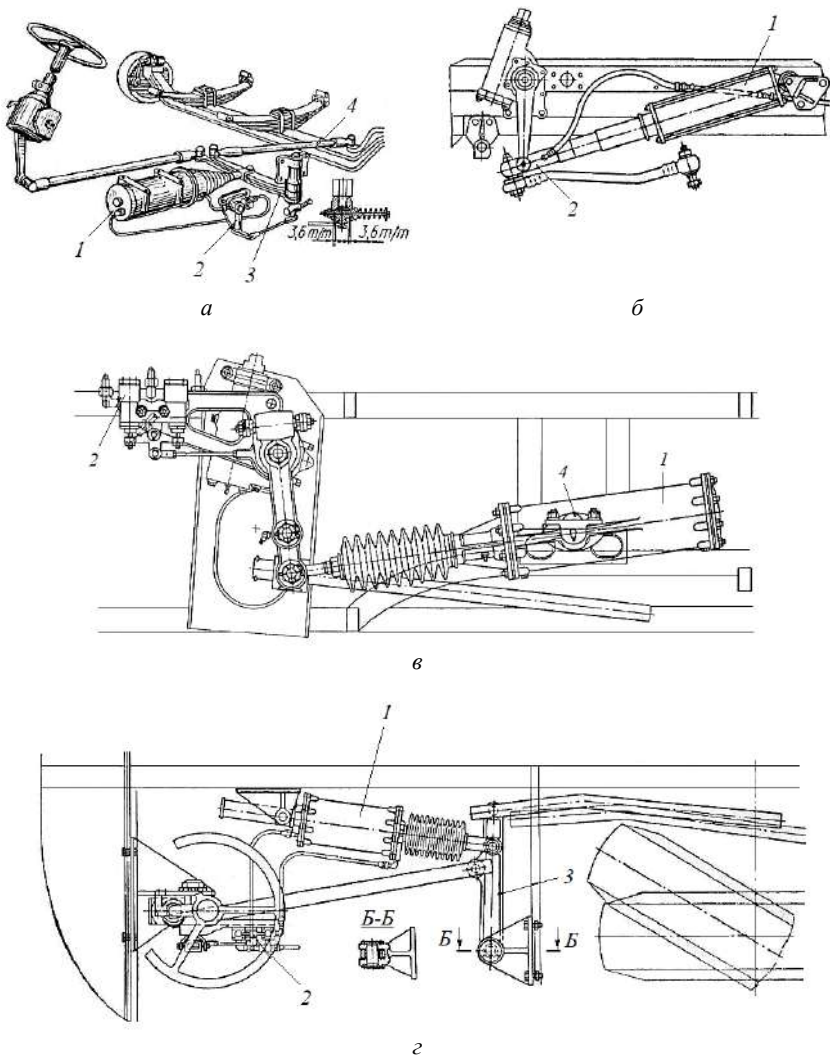


Рисунок 4.6 – Компонівка елементів пневматичного підсилювача в системі рульового керування автобусів:

- a* – автобус «Шоссон»: 1 – силовий циліндр; 2 – розподільник повітря;
 3 – проміжний важіль; *б* – розташування силового циліндра паралельно
 поздовжній тязі: 1 – силовий циліндр; 2 – розподільник повітря; *в* – автобус
 ЛАЗ-НАМІ «Львів»: 1 – силовий циліндр; 2 – розподільник повітря;
 3 – проміжний важіль

Кріплення силового циліндра до проміжного важеля 3 допускає більш вільне його розміщення в системі рульового керування і дозволяє докладати найбільше зусилля до поворотного важеля керованих коліс, минаючи рульовий механізм, який може застосовуватися в будь-якій конструкції без змін. При цьому поздовжня тяга розділена на дві частини, які можна зробити прямішими, а отже, більш стійкими проти поздовжнього вигину. Без проміжного важеля цільна поздовжня тяга мала б великий вигин у середній частині з дуже низькою поздовжньою стійкістю.

4.6 Електричні підсилювачі

Використання електричної енергії в підсилювачах розширює можливості оптимізації характеристик рульового керування автомобіля з позицій керованості, стійкості руху та ергономіки. Електричні підсилювачі з використанням малогабаритних високооборотних регульованих двигунів постійного струму мають високу швидкодію і забезпечують підсилювачу точну слідкуючу дію [1, с.109].

Електричні підсилювачі легко поєднуються з електронними системами керування, які включають мікропроцесори. Подібні системи керування режимом роботи підсилювача мають великі можливості логічної обробки вихідної інформації – сигналів різних датчиків при виробленні керуючого впливу, можуть виконуватися багаторежимними або програмованими для обліку особливостей конкретного автомобіля і умов його експлуатації.

Сигналом до включення підсилювача зазвичай служить певне значення моменту на рульовому колесі, що вимірюється датчиком. Електронний блок керування в залежності від знака і значення моменту, швидкості руху автомобіля та швидкості повороту рульового колеса регулює режим роботи електродвигуна.

В якості датчика моменту електричного підсилювача може використовуватися безконтактний датчик, що володіє високою надійністю. Принцип дії його заснований на ефекті поверхневих вихрових струмів. Проведені випробування електропідсилювача, обладнаного даним датчиком, показали, що по швидкодії, плавності включення, демпфування дорожніх збурень він не

поступається гідропідсилювачу, а за рівнем шуму та економності перевершує його.

Зменшенню габаритів електричних підсилювачів сприяє застосування планетарних редукторів, які зручно компонуються співвісно з рульовим валом (рис. 4.7). Використання гнучких валів, що з'єднують електродвигун і редуктор, також полегшує компоновку електропідсилювачів на автомобілі. На рисунку 3.7 б показані два варіанти компоновки підсилювача – на рульовому валу і на картері рейкової рульової передачі.

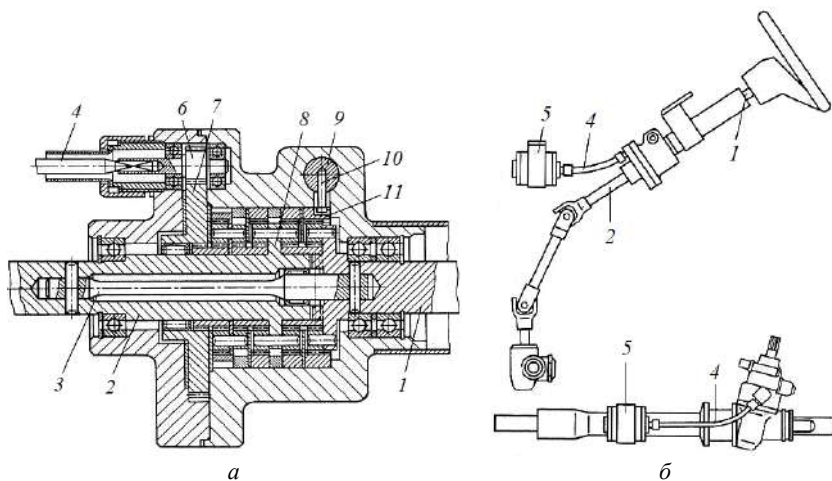


Рисунок 4.7 – Електричний рульовий підсилювач з планетарним редуктором:
a – підсилювач з планетарним редуктором;

б – варіанти компоновки підсилювача;

1, 2 – частини розрізного рульового валу; 3 – торсіон; 4 – гнучкий вал;

5 – електродвигун; 6 – шестерня; 7 – колесо; 8 – фланець;

9 – сердечник; 10 – штифт; 11 – епіцикл

Електричний підсилювач з планетарним редуктором (рис. 4.7 *a*) вбудований між двома частинами 1 і 2 розрізного рульового валу, з'єднаними між собою торсіоном 3. Вал 1 з'єднаний з рульовим колесом. На торцях валів 1 і 2, звернених один до одного, є зубці, бічний зазор між якими визначає максимальний кут закрутки торсіону. Гнучкий вал 4 від електродвигуна 5 приєднаний до валу шестерні 6. Колесо 7 пов'язано шліцевою

втулкою з сонячним колесом першого планетарного ряду. Епіцикл цього ряду блокується рухомим сердечником керованого соленоїда. З водила першого ряду обертання передається сонячному колесу і водилу другого ряду, роль якого виконує фланець 8 вала 2. При розблокованому епіциклі першого ряду підсилювач не працює.

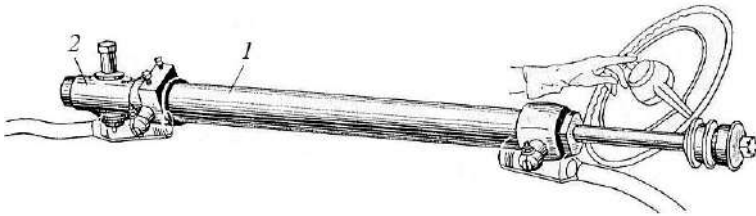
Датчиком моменту на рульовому колесі є поперечно розташований соленоїд, з рухомим сердечником 9, який пов'язаний штифтом 10 з епіциклом 11. Зміщення сердечника 9 пропорційно відносному куту повороту валів 1 і 2 і, отже, моменту на валу 1 та рульовому колесі.

Блок керування підсилювача по сигналах датчиків моменту на валу 1 і швидкості руху автомобіля формує відповідно до заданої програми керування режимом роботи електродвигуна і соленоїдом блокування епіциклу першого ряду. При виході підсилювача з ладу керування здійснюється вручну через торцеві зубці валів 1 та 2.

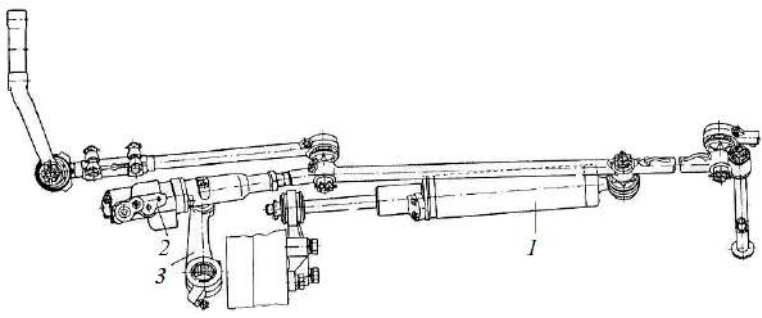
4.7 Гідравлічні підсилювачі

На рисунку 4.8 показані основні приклади компоновки елементів гідравлічного підсилювача в системі рульового керування легкових автомобілів.

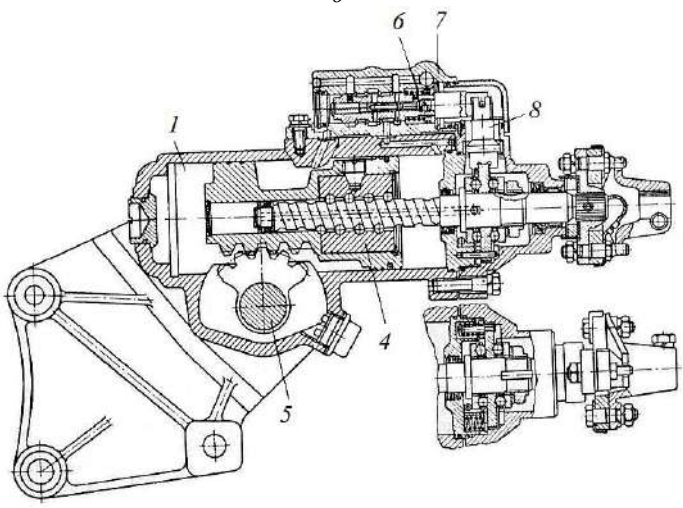
У конструкції на рисунку 4.8 б силовий циліндр 1 виконаний окремо від рульового механізму і розташований паралельно поперечній тязі рульової трапеції. Діюче від циліндра зусилля передається на середню ланку триланкової рульової трапеції, минаючи деталі рульового механізму. Розподільник 2 вбудований в головку середньої ланки триланкової рульової трапеції і приводиться в дію переміщенням кульового пальця рульової сошки 3. Такого типу підсилювач застосовувався на легковому автомобілі ГАЗ-13 «Чайка».



a



б



в

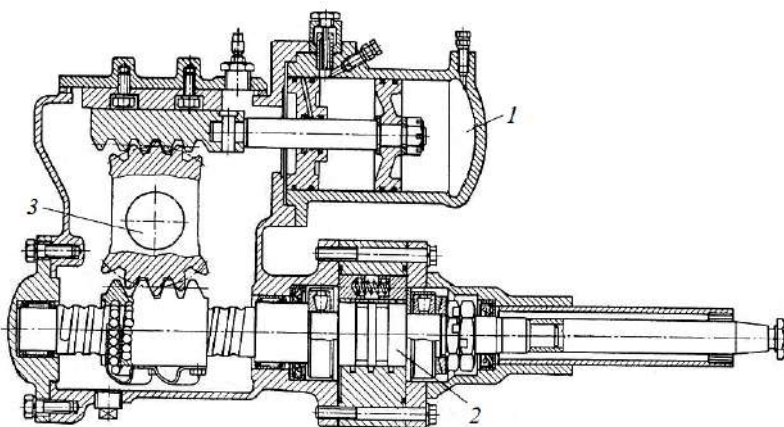
Рисунок 4.8 – Компонівка елементів гідравлічного підсилювача в системі рульового керування легкових автомобілів:
 1 – силловий циліндр; 2 – розподільник; 3 – сошка; 4 – поршень; 5 – вал сошки;
 6 – золотник; 7 – розподільник; 8 – важіль

У деяких випадках (рис. 4.8 *a*) в підсилювачах легкових автомобілів силовий циліндр *1* виходить невеликих розмірів, і він замінює собою поперечну тягу рульової трапеції.

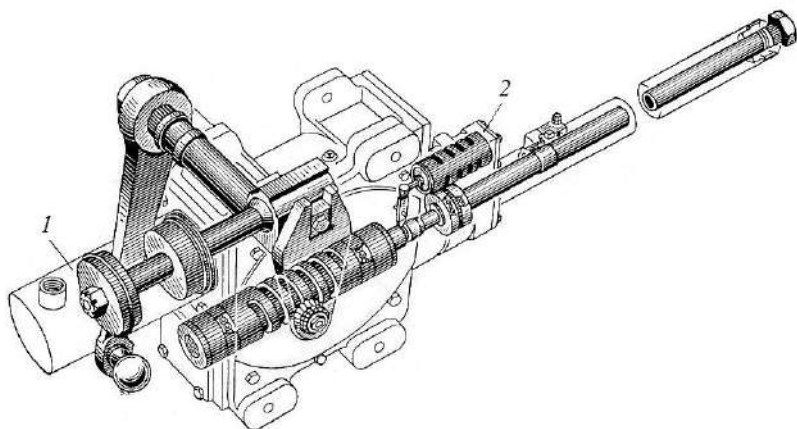
У конструкції на рисунку 4.8, силовий циліндр *1* вбудований в картер рульового механізму і розташовується співвісно черв'яку рульового валу. Діюче від поршня *4* зусилля передається на вал сошки *5*. Розподільник *7* розташований поза рульовим валом і силовим циліндром паралельно валу і приводиться в дію при вісьовому переміщенні черв'яка через важіль *8*. Такий підсилювач застосовується на легковому автомобілі ЗІЛ-111.

На рисунках 4.10 і 4.11 показані деякі компоновки елементів гідравлічних підсилювачів вантажних автомобілів.

У конструкції гідравлічного підсилювача, що наведено на рисунку 4.10 *a* силовий циліндр *1* вбудований в картер рульового механізму і розташований паралельно рульовому валу. Діюче від поршня зусилля передається на вал сошки *3* через через додаткову рейкову передачу. Розподільник *2* встановлений на рульовому валу і приводиться в дію при вісьовому переміщенні валу. У ньому є центруючі пружини і реактивний елемент.



a



б

Рисунок 4.10 – Компоновка елементів гідравлічного підсилювача, вбудованого в рульовий механізм вантажних автомобілів:
1 – силовий циліндр; 2 – розподільник; 3 – вал сошки

У конструкції гідравлічного підсилювача, що наведено на рисунку 4.10 б силовий циліндр 1 також вбудований в картер рульового механізму. Зусилля від поршня передається на вал сошки через важіль кривошипу. Розподільник 2 прикріплений до рульової колонки і розташований паралельно рульовому валу і приводиться в дію при вісьовому переміщенні черв'яка через важільну передачу з передавальним числом, більшим одиниці, з метою підвищення чутливості дії підсилювача.

На рисунку 4.11 а силовий циліндр 1 розташований окремо від рульового механізму в одній площині з поздовжньою рульовою тягою, з якою з'єднаний шарнірно. Розподільник 2 виконаний, як одне ціле з головкою силового циліндра і приводиться в дію при переміщенні кульового пальця рульової сошки. Він має центруючу пружину і реактивні елементи.

Дуже поширеною є компоновка (рис. 4.11 б), в якому розподільник 2 вбудований в головку поздовжньої тяги 8 і приводиться в дію при переміщенні кульового пальця рульової сошки. Силовий циліндр 1 при такому компонуванні розміщується в будь-якому зручному місці, наприклад, на балці

передньої осі, як показано на рисунку 4.11 б, і не пов'язаний безпосередньо з рульовим механізмом, який може бути будь-якої конструкції.

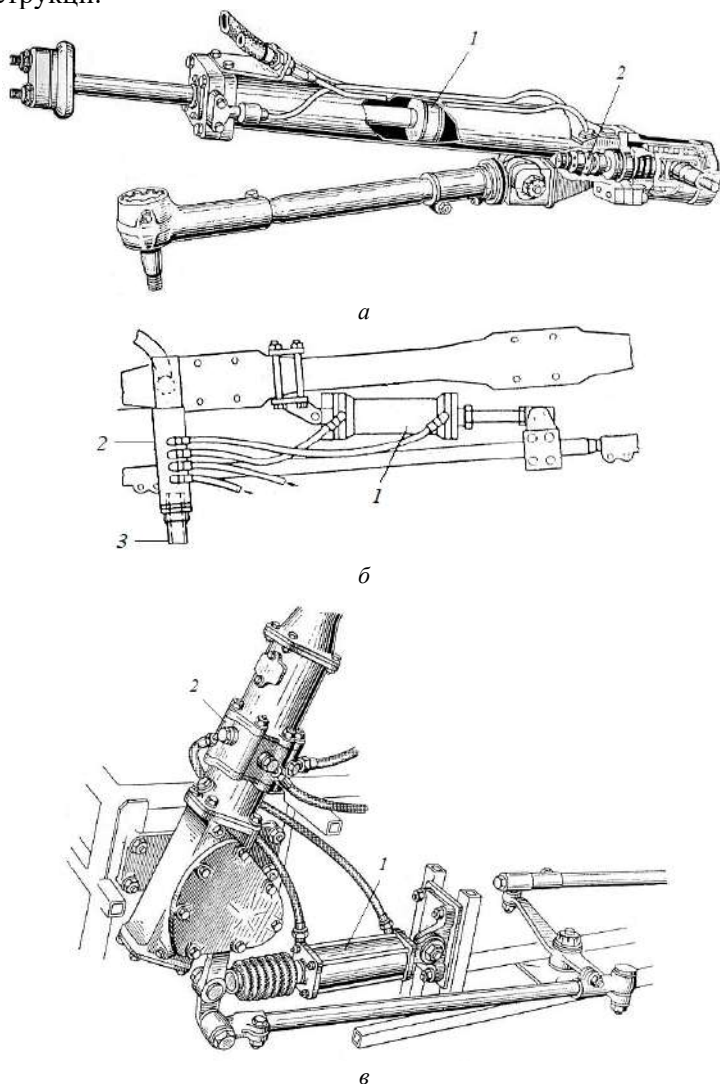


Рисунок 4.11 – Гідравлічні підсилювачі, виконані окремо від рульового механізму вантажних автомобілів:
1 – силовий циліндр; 2 – розподільник

У конструкції гідравлічного підсилювача, що наведено на рисунку 4.11 в, силовий циліндр 1 розташований окремо від рульового механізму. Діюче від штока зусилля передається безпосередньо на рульову сошку. Розподільник 2 розміщений в рульовій колонці і приводиться в дію на вісьовому переміщенні рульового валу.

На рисунку 4.12 силовий циліндр 1 вбудований в картер рульового механізму і розташований паралельно валу глобоїдного черв'яка. Зусилля, що діє від поршня, передається на вал сошки через важільну передачу.

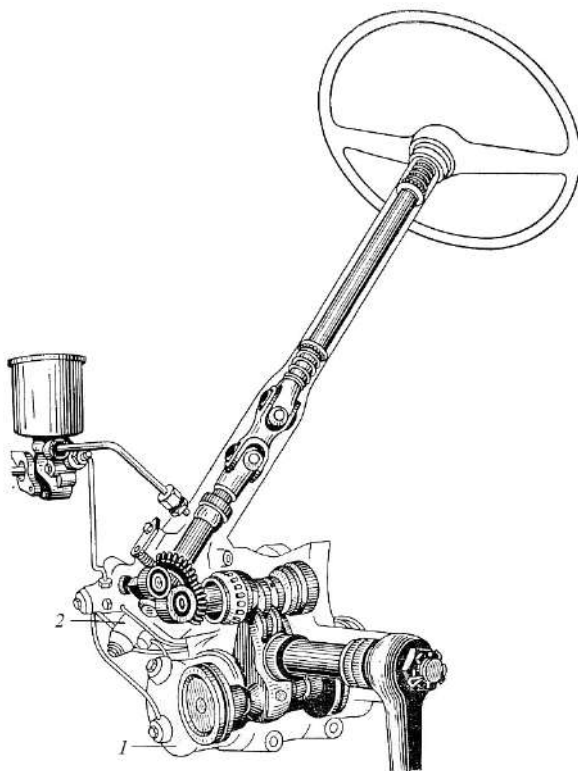
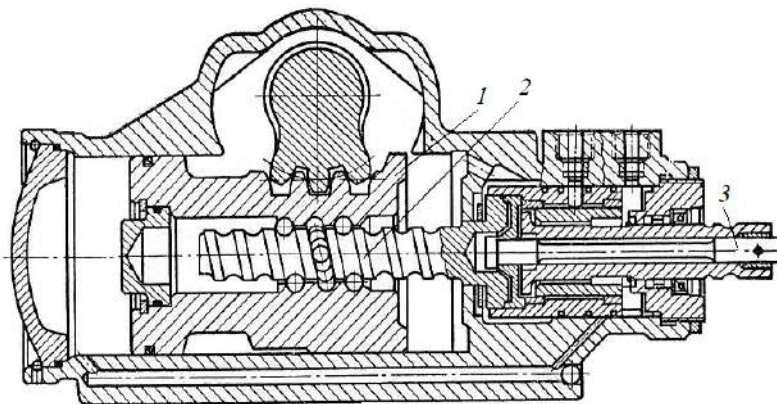


Рисунок 4.12 – Гідравлічний підсилювач,
вбудований у рульовий механізм автобуса:
1 – силовий циліндр; 2 – розподільник

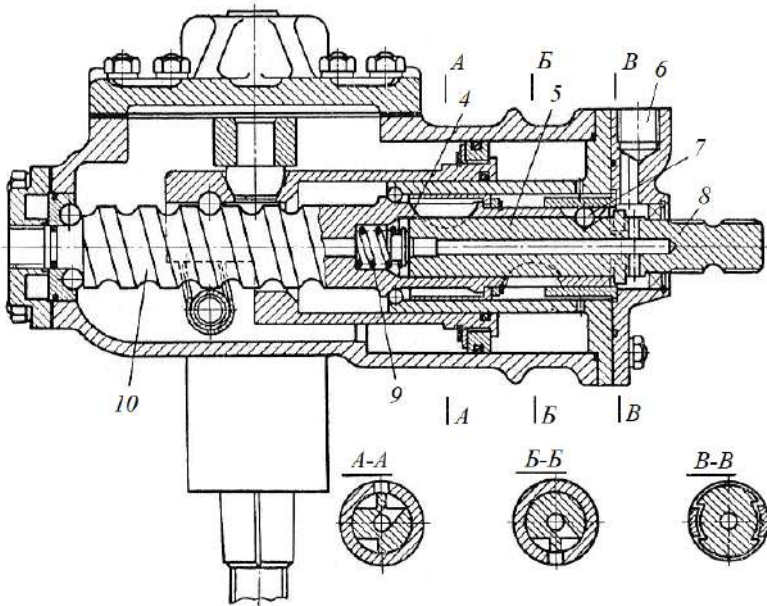
Розподільник 2 чотирьохзолотникової конструкції приводиться в дію при тангенціальному переміщенні рульового валу, коли його конічна шестерня перекочується по іншій шестерні, закріпленій на валу черв'яка.

Особливо компактна компоновка силового циліндра співвісно з черв'яком рульового механізму з сектором і рейкою (рис. 13 а) і кривошипом (рис. 4.13 б). В обох випадках розподільник виконаний з тангенціальним золотником, що повертається.

У конструкції гідравлічного підсилювача, що наведено на рисунку 4.13 а центруючим елементом служить пружинний торсіон 3, а в конструкції на 4.13 б – центруюча попередньо стиснута пружина 9, яка, натискаючи на центральний вал 5 золотника, притискає кульку 7 до канавки спеціального профілю, зробленої в гільзі золотника.



a



б

Рисунок 4.13 – Конструкції гідравлічних підсилювачів з тангенціальним золотником:

- a* – із сектором та рейкою фірми «Сагіану»; *б* – з кривошипом, підсилювач «Барман»; 1 – поршень; 2 – гвинт; 3 – пружинний торсіон;
 4 – корпус золотника; 5 – золотник; 6 – штуцер подачі рідини; 7 – кулька;
 8 – рульовий вал; 9 – центруюча пружина (попередньо стиснута); 10 – гвинт

4.8 Елементи конструкції підсилювачів

4.8.1 Розподільник підсилювача у рульовому механізмі

Розміщення розподільника на рульовому валу підвищує чутливість, стабільність характеристик підсилювача внаслідок зменшення числа передавальних ланок та зниження впливу зміни зазорів у рульовій передачі в процесі експлуатацій. Разом з тим застосування розподільників з лінійним переміщенням викликає необхідність перетворення обертального руху рульового валу в поступальне переміщення золотника, що ускладнює конструкцію приводу та збільшує кут повороту рульового колеса для включення підсилювача.

Так, у рульовому механізмі, показаному на рисунку 4.14, золотник 13 гідророзподільника з'єднаний з гвинтом 7 через упорні підшипники 10 і встановлюється в середньому положенні центруючими пружинами 12 і реактивними плунжерами 11 [1, с.88].

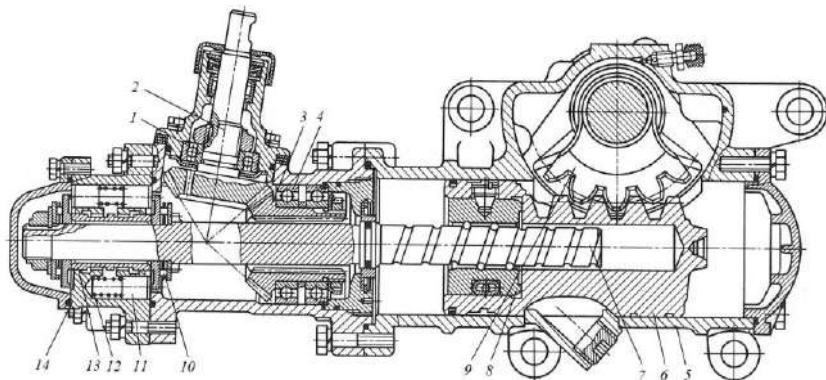


Рисунок 4.14 – Рульовий механізм з шестеренним редуктором та передачею «гвинт – кулькова гайка – рейка – зубчастий сектор»:

1, 4 – кулькові підшипники; 2 – вал кутового редуктора;
 3 – шестерня; 5 – картер; 6 – зубчаста рейка з поршнем; 7 – гвинт; 8 – гайка;
 9 – сектор; 10 – упорні підшипники; 11 – плунжери;
 12 – центруючі пружини; 13 – золотник; 14 – корпус розподільника

Повний хід золотника ($\pm 1,1$ мм) забезпечується зміщенням гвинта 7 вздовж шліців шестерні 3. При середньому положенні золотника 13 робоча рідина заповнює обидві порожнини циліндра, порожнини реактивних плунжерів, при цьому надмірна кількість рідини зливається в бак. Поворот рульового колеса призводить до обертання гвинта 7 в гайці 8 поршня-рейки 6, пов'язаного рульовою передачею і приводом з керованими колесами. Гвинт 7, обертаючись, зміщується в вісьовому напрямку спільно з золотником 13 і, змінюючи перерізи дроселів, збільшує тиск рідини в одній з робочих порожнин циліндра і в порожнинах реактивних плунжерів.

При певному перепаді тисків, який залежить від сил опору повороту колеса, поршень-рейка 6 переміщається, повертаючи колеса. Поворот рульового колеса забезпечує безперервне

переміщення золотника, поршня-рейки і поворот коліс. Затримка рульового колеса призводить до зупинки поршня-рейки та керованих коліс тоді, коли гвинт 7, зміщуючись в вісьовому напрямку, зрушить золотник 13 до середнього положення і зменшить тиск у робочій порожнині до встановлення рівноваги моментів сил на рульовому колесі та керованих колесах.

При виході з повороту зі звільненим рульовим колесом спільною дією центруючих пружин 12 і реактивних плунжерів 11 золотник 13 встановлюється в середнє положення, знижуючи тиск у робочій порожнині циліндра. Стабілізуючі моменти, що діють на колеса, повертають їх спільно з рухомими деталями рульового керування до середнього положення, витісняючи рідину з робочої порожнини циліндра. При довільному повороті коліс і переміщенні поршня-рейки 6 підсилювач працює в режимі амортизатора. У разі відмови підсилювача водій, повертаючи рульове колесо, зміщує золотник 13 до упору кілець підшипників 10 корпус 14 розподільника, і поворот коліс забезпечується за рахунок механічного зв'язку сполучених деталей. Перепускний клапан, встановлений у плунжері, забезпечує перетікання рідини у порожнини циліндра, що знижує зусилля водія на рульовому колесі.

У розподільниках з роторними золотниками внаслідок спрощення приводу до золотника вільний хід рульового колеса при включенні підсилювача може бути зменшений до 0,03–0,05 рад, що суттєво підвищує чутливість рульового керування до керуючого впливу.

Розподільник, який наведено на рисунку 4.15, складається з корпусу 2, всередині якого розміщені гільза 4 і золотник-ротор 6 з отвором 7.

Гільза 4 і золотник-ротор 6 з'єднані між собою центруючим торсіоном 5. Гільза і ротор можуть повертатися відносно один одного при закручуванні торсіону в межах зазорів D між пальцем 3 і ротором 6. Гільза 4 виготовлена як одне ціле з шестернею 1 рейкової рульової передачі. Золотник-ротор 6 з'єднаний з рульовим колесом. На золотнику-роторі 6 виконані поздовжні пази 8, кромки яких разом з кромками прорізів 9 в гільзі 4 створюють змінний переріз. Чотири порожнини розподільника,

утворені, кільцевими ущільненнями 10, з'єднані з двома порожнинами Ц, нагнітання Н і зливом С.

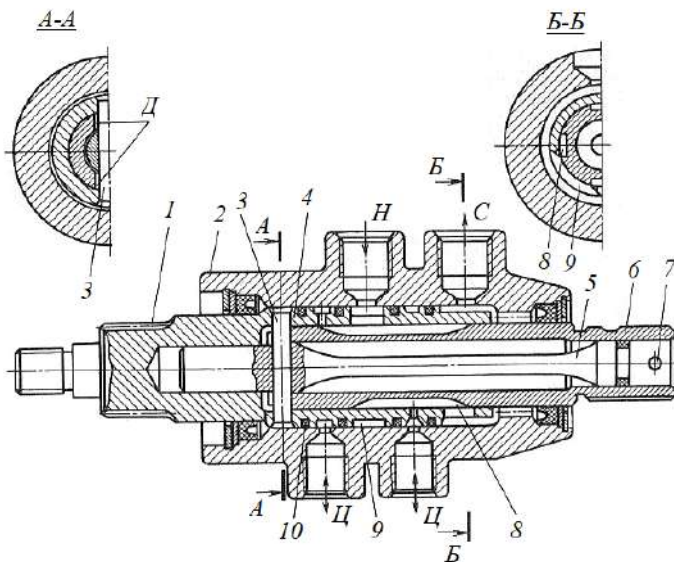


Рисунок 4.15 – Розподільник з роторним золотником та центруючим торсіоном:

- 1 – шестерня рейкової рульової передачі;
- 2 – корпус; 3 – палець; 4 – гільза; 5 – торсіон; 6 – золотник-ротор;
- 7 – отвір; 8 – поздовжні пази; 9 – прорізи; 10 – ущільнення

Розподіл потоків рідини відбувається при відносних поворотах золотника-ротора 6 і гільзи 4. Розподільник працює аналогічно розглянутим вище. Точність керування забезпечується торсіоном 5, спеціальні реактивні пристрої в конструкції не передбачені. Відповідної ефективності підсилювача досягають підбором жорсткості торсіону.

При збільшенні жорсткості торсіону частка зусилля водія щодо подолання моменту опору повороту коліс зростає. Замість торсіону іноді використовують розрізні пружинні кільця, у проріз яких встановлюють штифти ротора та гільзи.

На рисунку 4.16 показана конструкція роторного розподільника рульового підсилювача, вбудованого в рейковий механізм.

4.8.2 Розподільник підсилювача у рульовому приводі

Розміщення розподільника в рульовому приводі спрощує його компоновку і, в певній мірі, конструкцію, що дозволяє використовувати його на автомобілі зі стандартними рульовими механізмами і деталями приводу. Разом з тим розподільник у приводі знижує чутливість і стабільність роботи підсилювача в процесі експлуатації внаслідок зміни зазорів у рульовому механізмі [1, с. 95].

Розрізняють наступні типи розподільників.

Тип А – конструкція розподільника з реактивними плунжерами у поєднанні з попередньо підтиснутими пружинами (ЗІЛ-131, Урал-4320, МАЗ-529).

Тип Б – конструкція розподільника з реактивними площадками і золотником, що самовстановлюється (ГАЗ-66, МАЗ-500, КраАЗ-255/260, БТР-60П).

Тип В – конструкція розподільника з попередньо підтиснутою пружиною золотника (багатоопорні шасі сімейства МАЗ).

Розподільник гідравлічного підсилювача

На рисунку 4.17 *a* наведена конструкція розподільника з вісьовим золотником, розташованим в тязі рульового приводу, корпус 1 розподільника кріпиться болтами до тяги 7 приводу рульового керування. Чотирьохкромковий золотник 3 з'єднаний болтом 2 з втулкою 5, ввернутою в гільзу 3, в якій розміщено шарнірний пристрій з пальцем, пов'язаним з сошкою 9. Втулка 5 фіксується в гільзі 8 штифтом 6. Повний хід золотника забезпечується наявністю зазору між в 4 і тягою 7. У крайніх поясах золотника виконані отвори, що з'єднують реактивні камери з порожнинами підсилювача циліндра, встановленого в приводі.

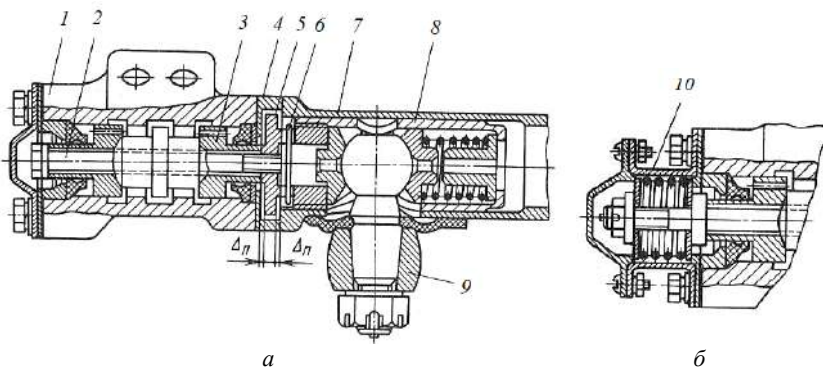


Рисунок 4.17 – Розподільник з вісьовим золотником, розташований у тязі рульового приводу:

- a* – із золотником у рульовій тязі; *б* – з центруючим пристроєм, у вигляді пружини 10; 1 – корпус розподільника; 2 – болт сполучний; 3 – чотирикромковий золотник; 5 – втулка; 6 – штифт; 7 – тяга; 8 – гільза; 9 – сошка

Центрування золотника відносно корпусу розподільника здійснюється за допомогою реактивних камер. Активні площі реактивних камер відповідають активним площам поршня гідроциліндра підсилювача.

При дотриманні цієї умови золотник встановлюють у корпусі в положенні, що забезпечує рівновагу поршня при різному тиску рідини в порожнинах циліндра. Разом з тим при здійсненні поворотів з підвищеним опором порушення умови пропорційності активних площ циліндра і золотника призводить до несиметричної зміни зусиль на рульовому колесі і можливого порушення симетричності процесу стабілізації коліс по куту та швидкості повороту або односторонньому його припинення. У зв'язку з цим змінюються умови керування автомобілем при здійсненні правих і лівих поворотів, що може ускладнити керування, наприклад, при русі по гірських дорогах. Слід зазначити, що використання реактивних камер як центруючих пристроїв ускладнює отримання необхідних мінімально допустимих зусиль на рульовому колесі (з точки зору зменшення стомлюваності водіїв та підвищення безпеки руху автомобілів). Зниження демпфуючих властивостей реактивних камер при зносі сполученої пари золотник–корпус розподільника або розрізненій

їх заміні з порушенням допусків на сполучення підвищує ймовірність виникнення коливальних процесів в підсилювачі.

Внаслідок витoku рідини з реактивних камер при неправильній установці ущільнень або їх пошкодженні порушується рівновага золотника, що призводить до його зміщення при звільненні рульового колеса (найбільш ймовірно вправо при витoku рідини через зазори у втулці 5) і мимовільному уповільненому повороту автомобіля в одну сторону. У зв'язку з цим доцільно разом з розподільниками встановлювати центруючі пристрої механічного типу у вигляді пружини 10 або торсіонів (рис. 4.17 б). Центруючі пристрої зменшують ймовірність виникнення коливальних процесів при роботі підсилювача рульового керування, полегшують створення необхідних мінімальних зусиль на рульовому колесі при середньому його положенні, внаслідок чого знижується стомлюваність водіїв.

Для більш ефективного демпфування коливань у рульовому приводі, що особливо важливо для підсилювачів роздільного компонування, що мають підвищену схильність до коливань, застосовують гідравлічні демпфери золотників. Такий демпфер розташовують зазвичай у тязі співвісно із золотником.

Демпфер являє собою амортизатор, шток якого пов'язаний із золотником або гільзою 8, корпус – з тягою 7, а порожнини з'єднані через дроселі, рисунок 4.17 а. При коливаннях деталей рульового приводу демпфер перешкоджає зміщенню золотника відносно корпусу розподільника і, отже, включенням підсилювача, який може служити джерелом енергії для підтримки коливань, що виникли.

Підсилювачі з постійною циркуляцією рідини при середньому положенні золотника забезпечують розвантаження насоса по тиску, проте нагрівання рідини і тиск у гідросистемі при роботі двигуна з підвищеною частотою обертання зростають, що робить обов'язковим застосування радіатора.

При значному видаленні насоса від розподільника і циліндра, наприклад, у рульовому керуванні з передніми і задніми колесами і розміщенні двигуна в кормовій частині і т. п., тиск рідини зростає ще більшою мірою. Локалізація потоку рідини в

насосі установкою клапанів обмеження витрати при цьому малоефективна.

Істотним недоліком підсилювачів з постійною циркуляцією рідини є раптова відмова їх при зупинці двигуна, пошкодження ременя приводу насоса, втрати рідини внаслідок пошкодження шлангів, течі тощо.

Слід зазначити, що при використанні насоса в якості джерела енергії для інших споживачів необхідно відключати підсилювач, що не завжди можливо і доцільно за умовами безпеки руху. У зв'язку з цим у багатофункціональних гідросистемах автомобілів застосовують підсилювачі із закритим центром з гідрогазовими акумуляторами (ГГА) тиску рідини.

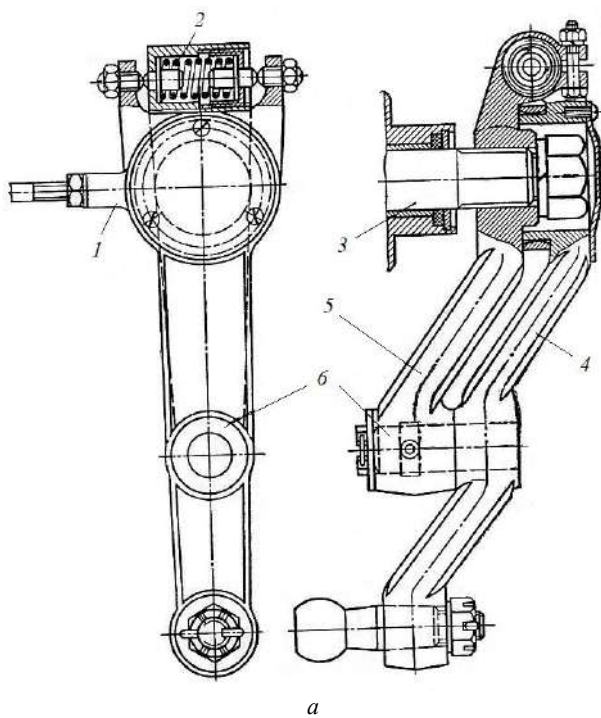
Розподільник пневматичного підсилювача

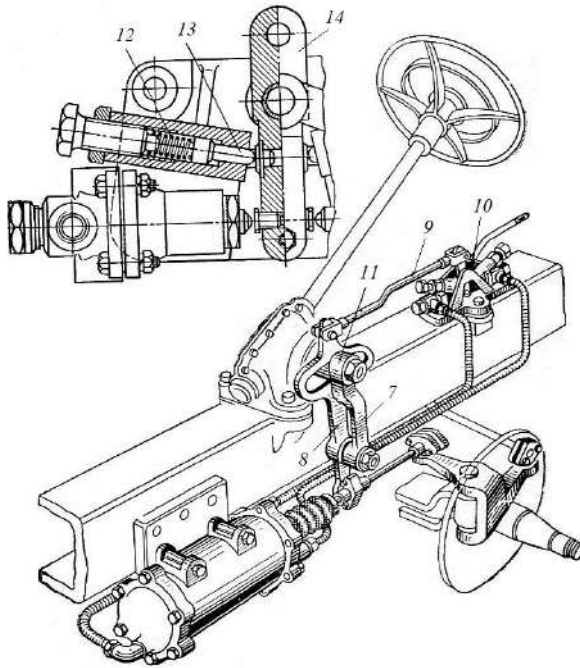
Повітрярозподільувач пневматичного підсилювача виконується в одному блоці із силовим циліндром, або окремо від нього (рис. 4.5) [2].

При розміщенні повітрярозподільника окремо від силового циліндра (рис. 4.6 з) впускні клапани відкриваються при зміщенні слідкуючого важеля здвоєної рульової сошки, яка наведена на рисунку 4.18, *a* і *б*. При цьому можуть бути два випадки їх дії на клапани повітрярозподільника:

– вісь тяги приводу проходить через вісь повороту важелів (рис. 4.18 *a*). При цьому на валу 3 встановлюються два важеля 4 і 5, які з'єднані пальцем 6 і центруючою пружиною 2. Хомут 1 тяги, посаджений на шийку верхньої голівки важеля 4 і розташований по осі вала 3 сошки;

– вісь тяги приводу зміщена від вісі повороту важелів (рис. 4.18 *б*). При цьому тяга 9 прикріплена до важеля 8 на плечі від осі вала 11 сошки.





б

Рисунок 4.18 – Системи приводу до повітророзподільника пневматичного підсилювача:

a – вісь тяги приводу проходить через вісь повороту важелів; *б* – вісь тяги зміщена від осі повороту важелів; 1 – хомут; 2 – центральна пружина; 3 – вал сошки; 4, 5, 7, 8, 14 – важелі; 6 – палець; 9 – тяга; 10 – повітророзподільник; 11 – сошка; 12 – пружина; 13 – обмежувач

У першому випадку, при повороті рульового колеса верхня голівка важеля 4 відхиляється, стискає пружину 2, переміщує тягу повітрярозподільника і відкриває впускний клапан. При центральному розташуванні хомута 1 тяги повітророзподільника відносно положення важелів на відкриття клапанів не впливає. Зусилля, що діють вздовж тяги равно зусиллю, яке необхідне тільки для відкриття впускного клапана.

У другому випадку, при повороті рульового колеса унаслідок зміщення одного важеля 8 відносно іншого 7 тяга 9 повертає важіль 14 до упора в обмежувач 13, який підтискається

пружиною 12. І, як наслідок, положення важеля 8 відносно важеля 7 змінюється. Виходячи з наведеного, у верхньої частині важеля 8 виконано овальне вікно для проходу шийки вала сошки. Зусилля, що діє вздовж тяги достатньо велико і равно зусиллю, яке прикладається до рульового колеса, помноженому на загальне передатне число рульового механізму і важільного приводу.

На рисунку 4.19 наведена у якості приклада схема пневматичного підсилювача, у якому повітророзподільник встроєний в рульвий механізм.

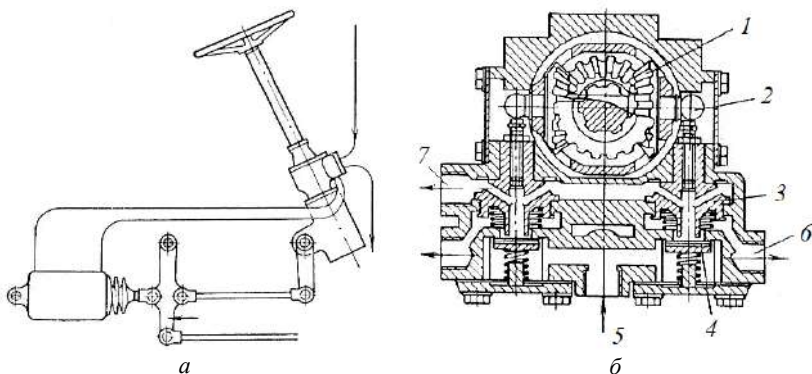


Рисунок 4.19 – Диференціальний привід повітророзподільника пневматичного підсилювача:

a – загальний вид; *б* – повітророзподільник:

1 – диференціал; 2 – хрестовина; 3, 4 – клапани; 5, 6, 7 – штуцер

Для порядку роботи наведеного на рисунку 4.19 *б* повітророзподільника характерно наступне. Впускні клапани відкриваються при повороті однієї частини рульового вала відносно іншої. Частини рульового вала з'єднані між собою за допомогою диференціала 1. Хрестовина диференціала 2 є собою коромислом повітророзподільника. При повороті рульового колеса нижня частина рульового валу унаслідок опору коліс остається нерухомою. При цьому, по шестерні, яка пов'язана із цією частиною валу, перекочуються сателіти. Разом із сателітами переміщується хрестовина, яка діє таким чином на клапани 3 і 4. Стисле повітря надходить до штуцера 5. Коли впускний клапан 4

відкритий, стисле повітря спрямовується через штуцер 6 у силовий циліндр і діє одночасно на реактивний клапан 3. При цьому створюється реакція на рульовому колесі, обумовлюючи відчуття дороги. Повітря, що відпрацювало, виходить через штуцер 7.

4.8.3 Центруючий елемент

При роботі підсилювача впускний клапан повітророзподільника пневматичного підсилювача і золотник розподільника гідравлічного підсилювача повинні повертатися зі зміщеного або відкритого стану в початковий (нейтральний або закритий) примусово.

Для встановлення золотника, клапана, важеля або коромисла в нейтральне положення застосовуються:

- клапанні пружини;
- центруючі пружини;
- або використовується тиск робочої рідини та реактивні клапани, які перебуваючи під дією стисненого повітря, прискорюють повернення у вихідне положення впускних клапанів.

Центруючий елемент є найважливішим елементом розподільника підсилювача, і в залежності від особливостей його конструкції, місця розташування і зв'язку з розподільним клапаном рульове керування з підсилювачем більшою або меншою мірою відповідає експлуатаційним вимогам. Так, наприклад, правильним підбором величини сили попереднього стиску центруючих пружин зберігається можливість самоповернення керованих коліс у вихідне положення.

На рисунках 4.18 та 4.19 зображені приводи, в яких застосовуються всі згадані вище елементи у вигляді:

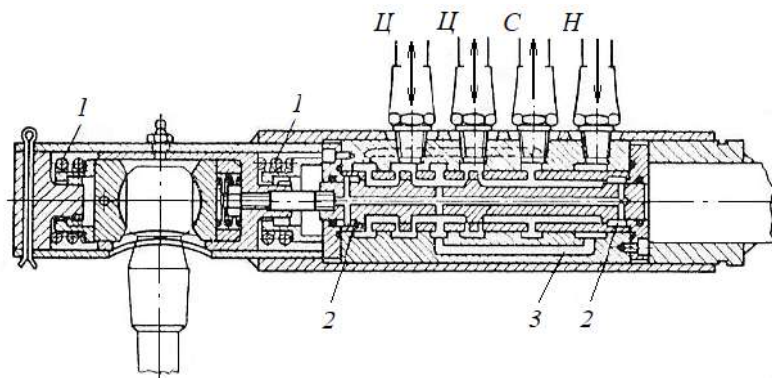
- центруючих пружин;
- зворотних пружин;
- реактивних клапанів.

Наведені види центруючих пристроїв використовуються і в розподільниках гідравлічних підсилювачів.

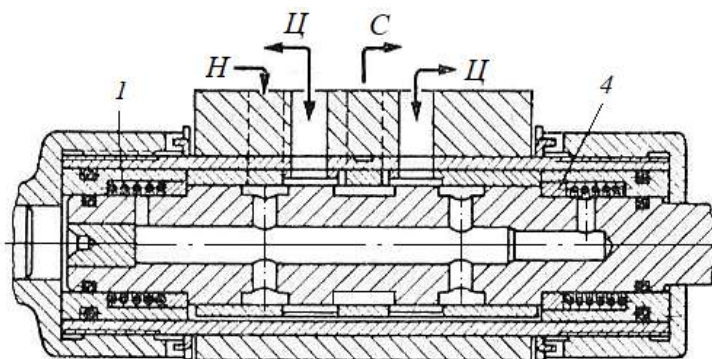
Центруючий елемент може бути виконаний у вигляді:

- однієї попередньо стиснутої пружини;
- двох взаємно стиснутих пружин.

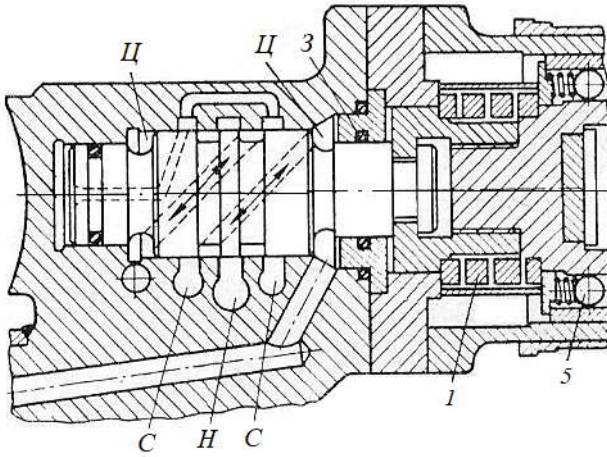
На рисунку 4.20 б наведені приклади використання у якості центруючого елемента двох попередньо стиснутих пружин *1*. Дві пружини можуть бути замінені, як зазначалося вище, однією, рисунок 4.20 в. У цьому випадку центруюча пружина *1* розпирає заплечики штока золотника і притискає їх до заплечиків гнізда у голівці.



a



б

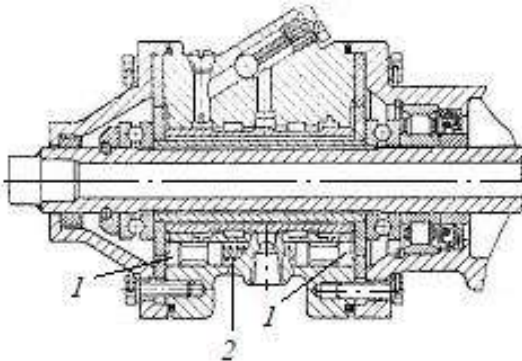


6

Рисунок 4.20 – Розподільник гідравлічних підсилювачів вантажних автомобілів, що вбудовані в поздовжню тягу і силовий циліндр:

1 – центруюча пружина (дві); 2 – реактивна камера;
3 – з'єднувальний канал; 4 – кільця; Н, Ц, С – канали

У розподільниках, виконаних на рульовому валу (рис. 4.21 *a* та *б*), центруючим елементом служить ряд попередньо стиснутих пружин 2, розташованих навколо золотника і розпираючих плунжери 1.



a

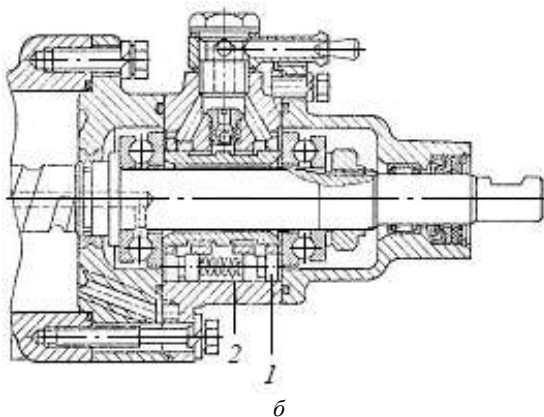
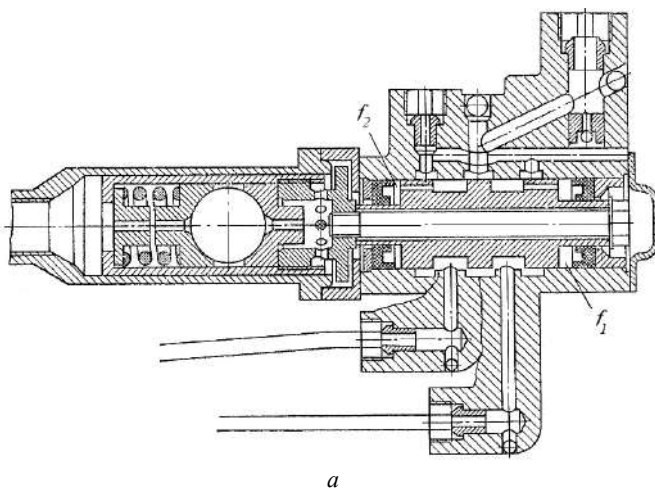


Рисунок 4.21. – Розподільники гідравлічних підсилювачів вантажних автомобілів Урал-4320 (а) та ЗІЛ-131 (б):
 1 – реактивні плунжери; 2 – центруючі пружини

У розподільнику, що застосовується в механізмі з глобоїдальною передачею, всі чотири клапани (рис. 4.22 в) знаходяться у взаємно врівноваженому стані під дією внутрішніх пружин і тиску циркулюючої рідини.



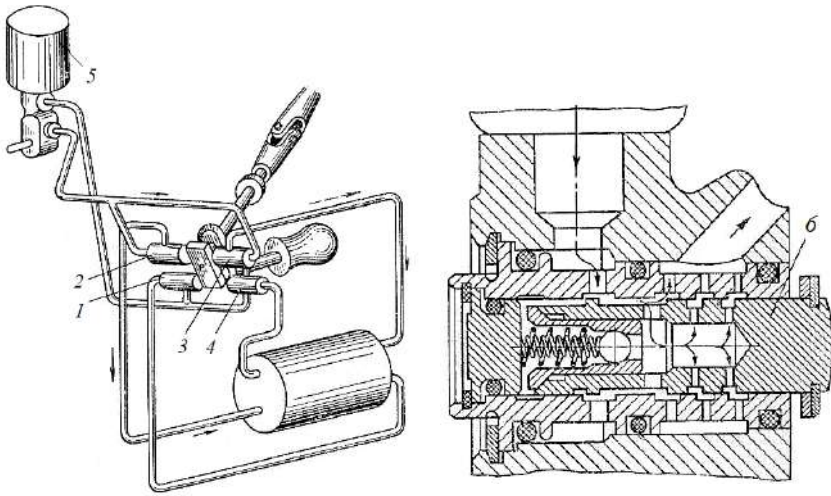


Рисунок 4.22 – Розподільники гідравлічних підсилювачів легкових автомобілів та автобусів:

a – ГАЗ-13 «Чайка»; *1, 4* – реактивні клапани;
2, 3 – активні клапани; *5* – насос; *6* – золотник

4.8.4 Реактивний пристрій

Однією з найважливіших якостей звичайного рульового керування є здатність створювати у водія так зване «почуття дороги» або відчуття здійснюваного ним повороту. Воно полягає в тому, що зі збільшенням опору повороту керованих коліс зростає зусилля на рульовому колесі. Цією якістю реактивного прогресивного впливу на рульове колесо має володіти і рульове керування з підсилювачем, вбудованим в його систему.

Реакція на рульовому колесі створюється дією центруючих елементів. Однак ця реакція має майже постійну величину і не створює у водія «почуття дороги». Реакція створюється також тиском робочого середовища та реактивного плеча в системі приводу.

Реактивні елементи, що знаходяться під тиском робочого середовища, по конструкції відрізняються великою різноманітністю, але можуть бути зведені до двох форм:

- реактивного клапану;
- реактивної камери.

Конструкція одного з *реактивних клапанів* гідравлічного підсилювача показана на рисунку 4.22 *в*.

Золотники *б* повертаються в нейтральне положення під дією розміщених усередині корпусу пружин і тиску робочої рідини. З підвищенням навантаження (опір коліс повороту) тиск у напірній магістралі збільшується, тому і опір золотників їх переміщенню (включенню) також збільшується. Це обставина викликає реакцію на рульовому колесі і почуття здійснюваного водієм повороту.

У розподільнику, зображеному на рисунку 4.21 *а* навколо золотника розташовані плунжери *1*, що упираються однією частиною торців у шайби золотника, а іншою частиною у зовнішні шайби корпусу рульового механізму і в кришки розподільника. З внутрішньої сторони плунжери розпираються попередньо стислими пружинами *2*, що забезпечують повернення золотника в початкове положення. Циркулююча всередині розподільника рідина тисне також і на плунжери, викликаючи таким чином реактивну дію на золотник і на рульовий вал і далі на рульове колесо.

Розподільники подібної конструкції з реактивними камерами можуть бути вбудовані і в поздовжню рульову тягу (рис. 4.2 *а*). Силовий циліндр *3* у наведеній системі рульового керування застосовується звичайного поршневого типу. Реакція на рульове керування в даному випадку створюється, як і в наведених вище підсилювачах, тиском робочої рідини, що змінюється, в силовому циліндрі.

Розподільник підсилювача, що забезпечує реакцію на рульовому колесі, показаний на рисунку 4.20 *б*. Чотирьохгребневий золотник розташований в гільзі між двома реактивними кільцями *4*, що розпираються двома попередньо стиснутими центруючими пружинами *1*. Ці кільця однією частиною торцевої поверхні впираються в золотник, а іншою частиною – в гільзу. Таким чином, обидва кільця одночасно притискаються і до золотника, і до гільзи з силою попередньої зтяжки пружини. Кінці золотника з гільзою утворюють дві камери, з'єднані двома радіальними отворами із загальним вісьовим каналом і далі з каналами, що з'єднуються з порожнинами силового циліндра. Як видно, реакція на рульове

колесо створюється досить складними конструктивними засобами.

Так як зусилля, що діють від силового циліндра і поздовжньої тяги при поворотах, різні, то є рішення, які засновані на іншому принципі створення реактивної дії на рульове колесо. При цьому реактивна дія створюється будь-якої необхідної величини без складних конструкцій. Рішення ґрунтуються на принципі, який полягає у тому, що реактивна дія на рульове колесо створюється *реактивним моментом сил*, що діють від силового циліндра і від поздовжньої рульової тяги і прикладених на деякому плечі сил до стежачого важеля здвоєної сошки рульового механізму.

Цей принцип реактивного впливу поширюється на гідравлічні та пневматичні підсилювачі. В одному випадку (рис. 4.23 *a*) до стежачого важеля 5 здвоєної рульової сошки на плечі *a* приєднані і поздовжня тяга, вздовж якої діє сила *T*, що характеризує опір коліс повороту, і шток поршня силового циліндра, уздовж осі якого діє сила *U*, що характеризує дію підсилювача.

Конструктивно розподільник підсилювача з'єднаний з верхньою головкою важеля 5 за допомогою хомута і тяги *b*, вздовж осі якої діє сила *S*, з якою клапан розподільника чинить опір включенню. Тиск і зусилля, що розвиваються в силовому циліндрі, пропорційні опорі коліс повороту, внаслідок чого створюється прогресивність дії реактивного моменту на рульовому колесі, проте плечо *a* прикладення сил *U* та *T* дозволяє отримати цей момент будь-якої необхідної величини.

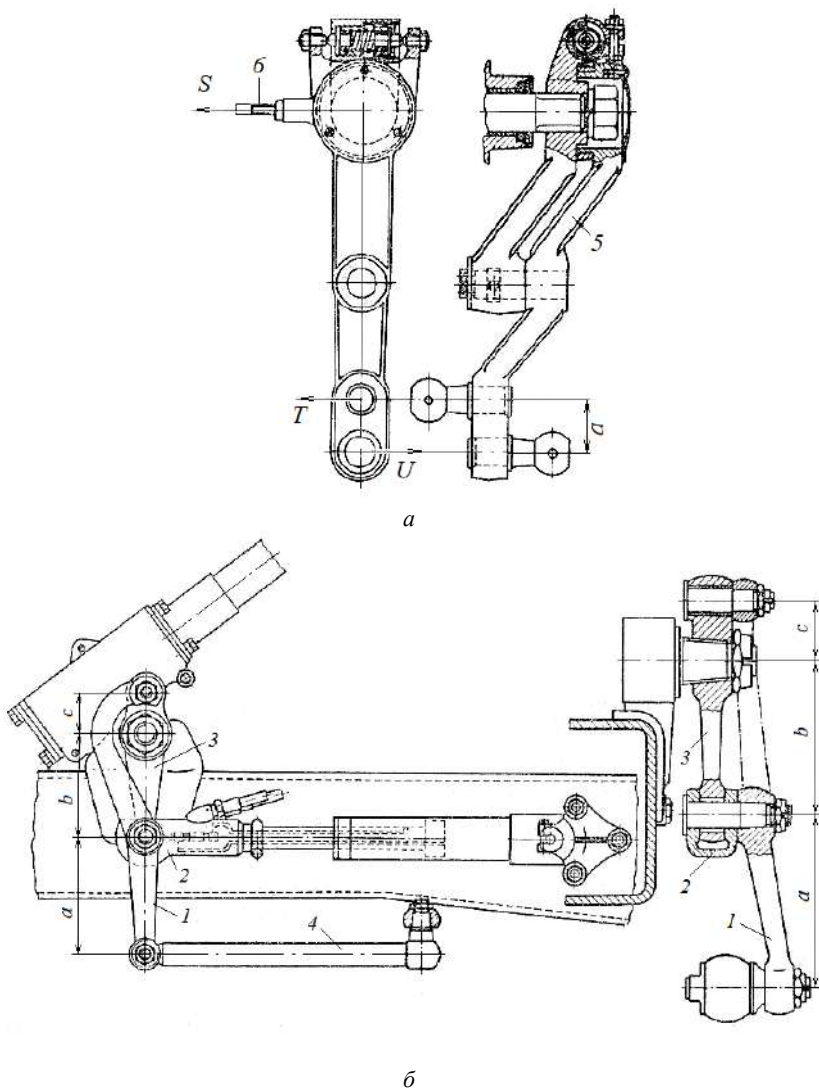


Рисунок 4.23 – Пристрій для створення реактивного зусилля на кермо:
 1 – двоплечий важіль; 2 – головка підсилювача; 3 – двоплеча сошка;
 4 – поздовжня тяга; 5 – стежачий важіль

В іншому випадку (рис. 4.23 б) подібна важільна система відрізняється дещо більш складним впливом сил на важелі і більш складною кінематикою. Двоплеча рульова сошка 3 своїм нижнім кінцем на плечі b діє спочатку на золотник розподільника, розташованого у головці 2 гідравлічного підсилювача. Сила від підсилювача і сила опору повороту, що діє уздовж поздовжньої тяги 4, створюють на двоплечому важелі 1 з плечем a і на двоплечій сошці 3 з плечем c момент, що перешкоджає переміщенню золотника. Чим більша сила опору повороту та сила, що діє від підсилювача, тим більше реактивне зусилля на рульовому колесі.

4.9 Джерела живлення підсилювачів

Основним джерелом живлення для роботи пневматичного підсилювача є компресор, який подає повітря у загальний ресивер, в порожнині якого створюється відповідний робочий тиск. Гідравлічні підсилювачі забезпечують додаткове зусилля від тиску робочої рідини, яка подається від насоса.

Зазвичай насос приводиться у дію від двигуна, але більш сучасну конструкцію має окремий електричний привід, наприклад, у легкового автомобіля Opel Astra G.

Продуктивність гідравлічного насоса при зміні чисел обертів двигуна від холостих до максимальних змінюється в кілька разів. Щоб уникнути зайвої витрати рідини при великих числах обертів двигуна, застосовується спеціальний клапан-регулятор продуктивності (рис. 4.24 б). Гідравлічна рідина з напірної камери 1 надходить всередину клапана 6 і далі через калібрований отвір клапана 5 і магістраль 3 направляється в силовий циліндр підсилювача.

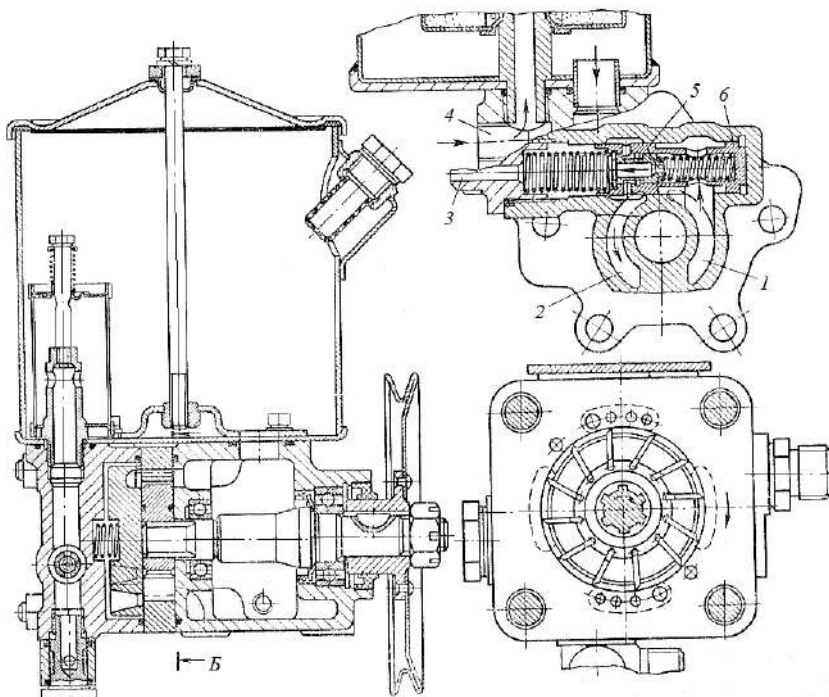


Рисунок 4.24 – Лопатевий гідравлічний насос та клапан-регулятор продуктивності:
 1 – напірна камера; 2 – зливальний канал; 3 – магістраль;
 4 – приймальний отвір; 5 – клапан; 6 – клапан

При підвищенні числа обертів збільшується продуктивність насоса, а разом із нею і тиск. Так як прохід гідравлічної рідини через калібрований отвір клапана 5 утруднено, то при підвищеному тиску клапан зміститься вліво, стисне ліву пружину і відкриє отвір зливного каналу 2. Таким чином, надлишок гідравлічної рідини перетікатиме назад по трубопроводу в приймальний отвір 4 масляного бака. При зворотних ударах, що виникають від нерівностей дороги, гідравлічна рідина з силового циліндра надходить в магістраль 3 і впливає на клапан 5, який в результаті деформації пружини відкриває зливний отвір.

За конструкцією деталей, що створюють об'єми у робочих порожнинах розрізняють наступні гідравлічні насоси:

- лопатеві;
- шестеренні (з внутрішнім і зовнішнім зачепленням зубів шестерен);
- радіально-поршневі.

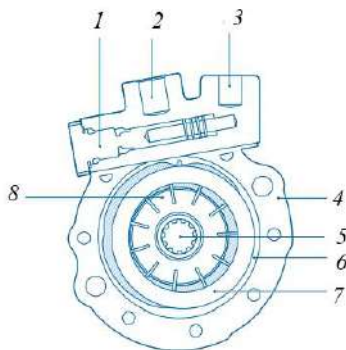
На рисунку 4.24 *a* наведений насос лопатевого типу. Такі насоси [10]:

- широко використовують при діапазоні тиску рідини у підсиловачі 6,-7,5 МПа;
- забезпечують високі значення ККД (об'ємний $\eta_o=0,84-0,93$, механічний $\eta_m=0,75-0,85$);
- менш чутливі до зносу робочих поверхней, наприклад, із шестеренними насосами.

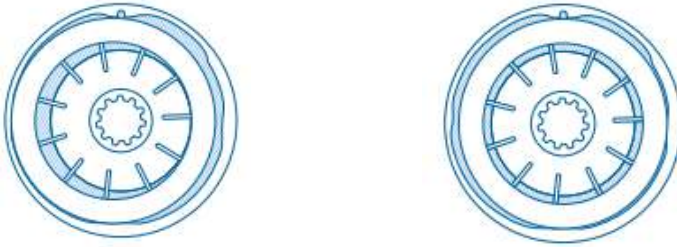
Більш розвинутою конструкцією гідравлічного насоса лопатевого типу є насоси Varioserv з об'ємним регулюванням. Цей насос подає стільки рідини, скільки необхідно для створення достатнього тиску в кожному окремому випадку, рисунок 4.25 [21].



a



б



a

b

Рисунок 4.25 – Гідравлічний насос Varioserv:

a – загальний вид; *b* – поперечний розріз: 1 – клапан регулювання; 2 – впускний отвір; 3 – напірний отвір; 4 – корпус; 5 – вал приводу; 6 – зовнішнє кільце; 7 – криволінійне кільце; 8 – ротор з лопатями; *a* – криволінійне кільце встановлено ексцентрично; *b* – криволінійне кільце встановлено концентрично

Конструкція насоса Varioserv дозволяє за рахунок регулювання положенням криволінійного кільця 7 змінювати величину геометричного обсягу робочої порожнини, і відповідно, подачі. При встановленні криволінійного кільця 7 ексцентрично отримується максимальна швидкість подачі. Відповідно, при встановленні криволінійного кільця 7 концентрично отримується мінімальна швидкість подачі гідравлічної рідини.

У шестеренному насосі з внутрішнім зачепленням (героторний насос) шестерня 1 (рис. 4.26) розташована всередині шестерні 2 з внутрішніми зубцями, встановлена на валу 3 на шпонці і обертається разом з ним при обертанні шестерні 6.

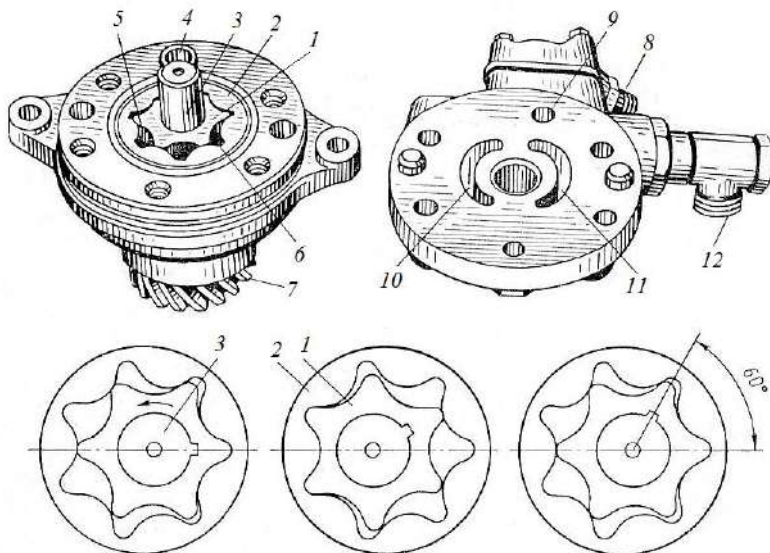


Рисунок 4.26 – Шестеренний гідралічний насос з внутрішнім зачепленням та схема його дії:

- 1, 2 – шестерні; 3 – вал; 4 – отвір; 5 – порожнечі; 6 – об’єм між зуб’ями;
 7 – привідна шестерня; 8 – всмоктувальний патрубок; 9 – отвір;
 10, 11 – серповидна порожнина; 12 – напірний патрубок

Шестерні 1 і 2 розташовані ексцентрично, і при обертанні першої – друга також обертається у своєму гнізді. Всмоктуючий патрубок 8 з’єднаний з серповидною порожниною 11 і з отвором 9, який сполучається через отвір 4 з серповидною порожниною, розташованою під шестернею 1, зліва. Таким чином, робоча рідина надходить у насос з обох сторін шестерні 1 і заповнює всі пустоти 5, розташовані зліва між обома шестернями. При повороті шестерні 1 об’єм 6 між її зуб’ями праворуч і западинами шестерні 2 зменшується, і рідина під тиском витісняється в серповидну порожнину 10, сполучену з напірним патрубком 12.

На рисунку 4.27 показаний шестеренний насос із зовнішнім зачепленням. Такі насоси використовують у підсилювачах, які працюють з підвищеним тиском рідини, який досягає 10–15 МПа. Механічний ККД таких насосів складає механічний $\eta_m=0,70-0,85$, об’ємний – $\eta_o=0,75-0,9$ [10].

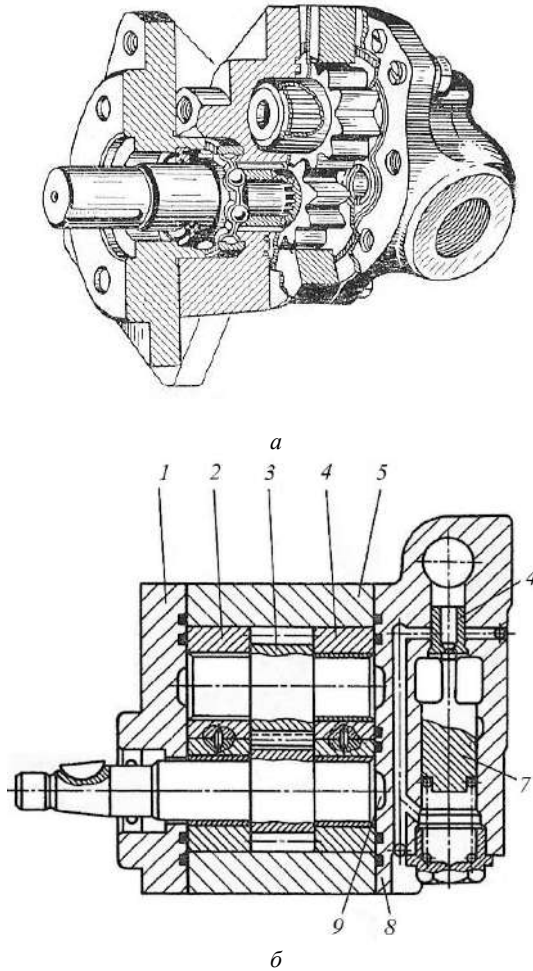


Рисунок 4.27 – Шестеренний гідравлічний насос з зовнішнім зачепленням:
a – загальний вид з перетином; *б* – поперечний перетин; 1, 8 – кришки;
 3 – шестерня; 2, 4 – втулки; 5 – корпус; 6 – жиклер; 7 – клапан

Шестеренний насос складається з корпусу 5 та кришек 1, 8, які з'єднуються болтами. Шестерні 3 у корпусі 5 встановлені на втулках 2, 4. Під осями шестерен виконані порожнини 9, які з'єднанні з гідравлічною магістраллю. У зв'язку з цим величина зазора між робочими поверхнями втулок і шестерен

наближається до товщин шара мастильного матеріала, що зменшує рівень витоків і знос деталей. У кришці 8 розміщені дроселючий жиклер 6 і клапан 7 обмеження потоку гідравлічної рідини.

Радіально-поршневі насоси забезпечують тиск рідини 12–15 МПа і використовуються у підсилювачах з гідрогазовими акумуляторами [10]. Конструкція насоса наведена на рисунку 4.28.

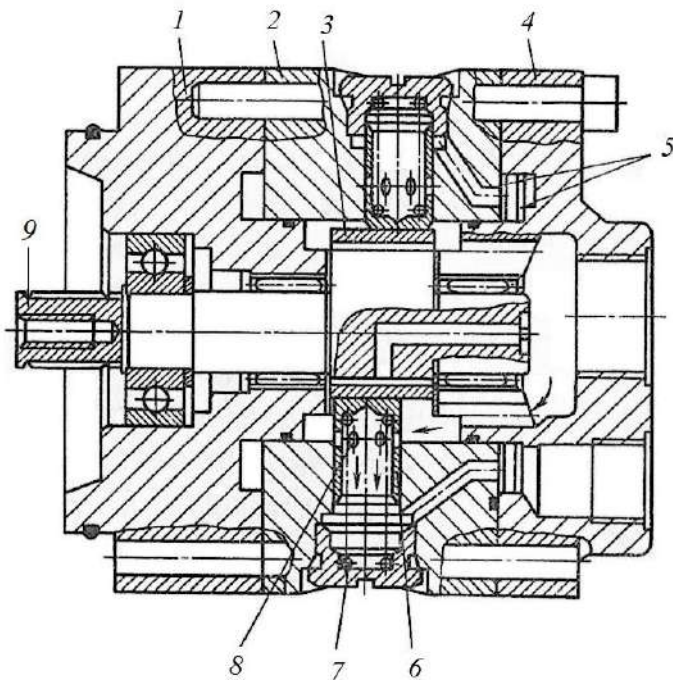


Рисунок 4.28 – Радіально-поршневий насос:

- 1, 4 – кришки; 2 – корпус; 3 – ексцентрик; 5 – клапани; 6 – поршні;
7 – пружини; 8 – отвори; 9 – вал

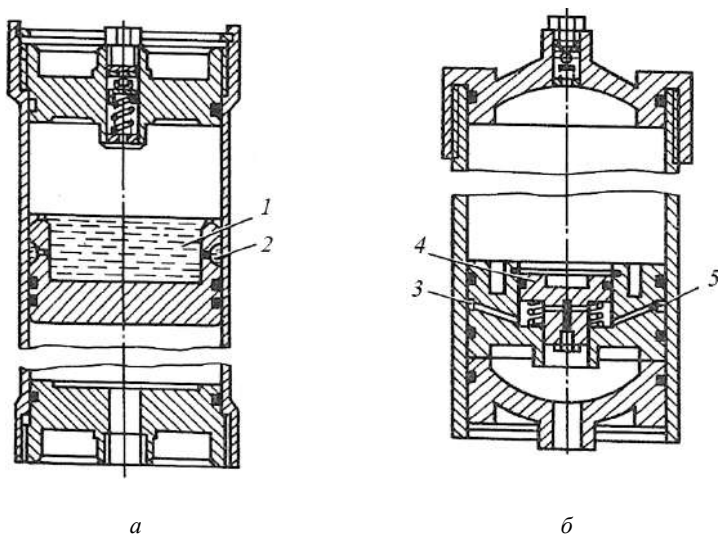
Роторно-поршневий насос складається із корпусу 5 з кришками 1 і 8, вала 10 з ексцентриком 11. У корпусі встановлено вісім поршнів 13, які виконують також функції золотникових пристроїв.

Робота насоса полягає у наступному. При обертанні вала *10* з ексцентриком частина поршнів пружинами *14* зміщується до поздовжньої осі вала *10*, створює тим сами розрідження. При зміщенні поршня рідина через отвори *15* поступає в циліндри. Поршні, які пересуваються ексцентриком *11* до переферії, при перекритті отворів *15* створюють тиск у циліндрах. При цьому рідина через клапани *12*, що відкриваються, поступає у нагнітаючу порожнину [10].

Як було зазначено вище, для роботи підсилювача застосовують також акумулятори робочої рідини, рисунок 4.29. При цьому такі акумулятори являють собою додаткове джерело енергії. Необхідний тиск у ньому створюється гідронасосом, а повітря, що знаходиться в акумуляторі, є пружним середовищем.

При наявності контакта гідравлічної рідини з повітрям (газом) відбувається його розчин. При зниженні робочого тиску повітря виділяється у вигляді пухирців, порушую тим самим роботу підсилювача. У зв'язку з цим в конструкціях гідрогазових акумуляторів використовуються поршневі і діафрагменні розділювачі газової та рідинної порожнин.

Ущільнення у поршневих акумуляторах (рис. 4.29 *а, б*) забезпечується гумовими кільцями і гідрозатворами.



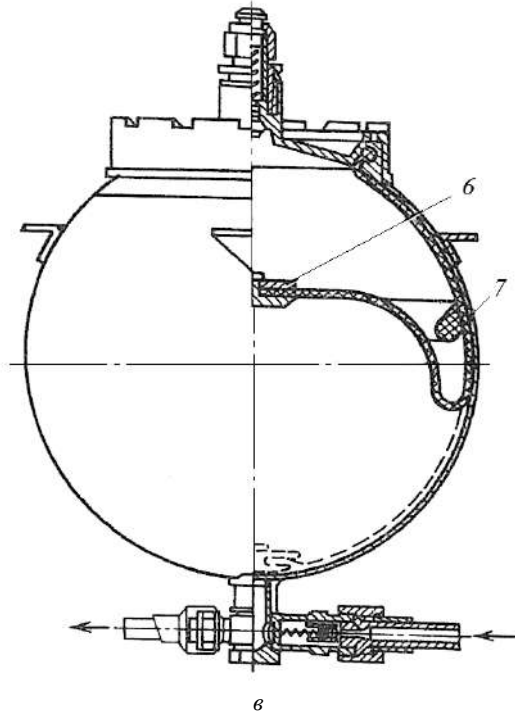


Рисунок 4.29 – Гідрогазові акумулятори енергії:
a – з діафрагмою; *б* – з гідрозатвором; *в* – з діафрагменним розділювачем;
1 – рідина; *2* – кільцеві канавки; *3* – камера; *4* – поршень; *5* – канавки;
б – металевий упор; *7* – корпус

Для поліпшення роботоздатності акумуляторів енергії при низьких температурах, а також при довгочасному зберіганні використовують гідрозапори. Гідрозапори забезпечують підвищений тиск рідини у камері 3, канавках 5 за допомогою поршня 4 з різними активними площадями. Так, при зниженні тиску рідини в робочій порожнині поршень 4 під тиском повітря опускається, стикая при цьому пружину, і збільшує тиск рідини у камері 3 і канавках 5. При розряді акумулятора тиск рідини у порожнині 3 і канавках 5 унаслідок різних площадей поршня 4 становиться вище тиску повітря, що зменшує його витрати.

Гідрогазові сферичні акумулятори з еластичним розділювачем (рис. 4.29 в) відрізняються від циліндричних [10]:

- компактністю;
- меншою масою унаслідок вдвічі менших напруг при однакових тисках рідини;
- відсутністю сил тертя;
- можливістю роботи при значних змінах їх положення.

Рекомендуємий діаметр корпусу 7 складає 150–300 мм. Для запобігання діафрагми від пошкоджень при повному розряді акумулятора на неї закріплений металевий упор 6.

4.10 Підсилювачі з інтегрованими спеціальними пристроями

4.10.1 Підсилювачі з гідрогазовими акумуляторами

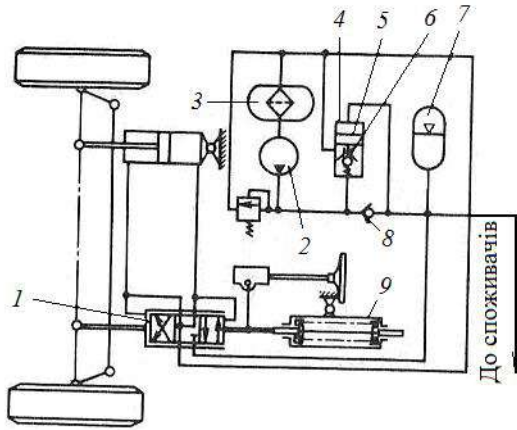
Наявність у рульовому керуванні гідрогазових акумуляторів (ГГА) дозволяє постійно мати запас енергії, достатній для забезпечення керованого руху, під час гальмування після відмови основного насоса або двигуна автомобіля. Це особливо важливо для автомобілів, керування якими без підсилювача утруднене або практично неможливо. Резервними ГГА обладнано підсилювач рульового керування автомобілів БелАЗ-752110 [10, с. 97].

Багатофункціональні системи з ГГА забезпечують одночасну роботу підсилювача рульового керування, гальмівної системи, гідропневматичної підвіски, системи зміни дорожнього просвіту автомобіля (наприклад, на автомобілях Сітроен ВХ16RC), підйомників, заслінок водометних рушіїв і т. п.

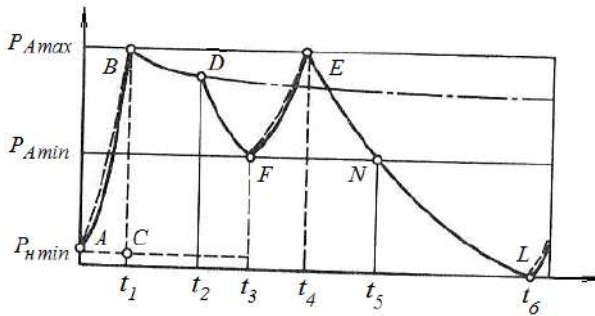
Особливості конструкції та роботи рульового підсилювача з ГГА енергії зі стабілізуючим пристроєм наведено на рисунку 4.29. Схема підсилювача включає:

- клапан 4 автоматичного керування режимом роботи насоса;
- ГГА 7;
- зворотній клапан 8;
- стабілізуючий пристрій 9.

Розподільник 1 золотникового типу виконаний непроточним. В якості центруючого пристрою можуть використовуватися пружини, торсіон або стабілізуючий пристрій механічного типу 9 у вигляді попередньо стиснутої пружини.



a



б

Рисунок 4.29 – Рульовий підсилювач з ГГА енергії та стабілізуючим пристроєм:
a – схема компонування; *б* – характеристика зміни робочого тиску;
 ----- – зміна тиску в ГГА; - - - - - зміна тиску насоса; *I* – розподільник;
 2 – насос; 3 – бак; 4 – клапан; 5 – поршень; 6 – клапан; 7 – ГГА; 8 – клапан;
 9 – стабілізуючий пристрій; *A, B, C, D, F, E, N, L* – моменти зміни робочих процесів за тиском

Робочі процеси, які мають місце при роботі підсилювача з ГГА полягають у наступному.

При середньому положенні золотника розподільника *I*, рисунок 4.29 *a*, рідина від насоса 2 надходить до ГГА 7. При досягненні верхньої межі тиску p_{Amax} (точка *B* на рисунку 4.29 *б*)

клапан 4 відкривається і насос 2 переводиться у черговий режим роботи (пряма BC) з циркуляцією рідини по контуру:

- насос 2 \rightarrow клапан 6 \rightarrow бак 3 (при тиску рідини $p \leq 0,5-1,0$ МПа, клапан 8 відключає насос 2 від підсилювача).

При нерухомому рульовому колесі і середньому положенні золотника у корпусі розподільника тиск рідини p_A після деякого зниження, яке пов'язано з режимом переключення і витокм рідини, практично стабілізується при достатньої герметичності системи (на рисунку 4.29 б штрихпунктирна лінія).

Живлення споживачів, у тому числі і підсилювача, здійснюється від ГГА при його розряді (крива DF).

Зниження тиску у ГГА до нижньої межі p_{Amin} викликає закриття клапана 6 і переведення насоса у робочий режим, при якому здійснюється накопичення рідини у ГГА (крива FE) і одночасне живлення споживачів до повного зарядження ГГА.

При зупинці двигуна, обриві ременя приводу насосу тиску у магістралі насосу знижується, клапан 8 закривається. У аварійному режимі керування живлення підсилювача здійснюється від ГГА аж до повного розрядження (крива EL), що сприяє підвищенню безпеки руху.

Тривалість заповнення ГГА (час t_1 , t_4-t_3) залежить від режиму роботи насоса, його подачі, місткості ГГА і початкового тиску повітря у ньому. Тривалість режиму розрядження (t_3-t_2 , t_6-t_4) залежить від режиму керування і числа включених споживачів.

При русі на дорогах з твердим покриттям ГГА більшу частину часу знаходиться у режимі чергового джерела живлення у діапазоні тиску рідини $p_{Amin}-p_{Amax}$. При цьому насос не завантажений, що знижує енергетичні витрати і його зношування при роботі у широкому діапазоні частот обертання колінчастого валу двигуна, зменшується нагрівання рідини, відпадає необхідність у встановленні регулятора витрати рідини.

4.10.2 Підсилювачі з корекцією зусилля на рульовому колесі

У розглянутих конструкціях підсилювачів рульових керувань, як правило, використовують розподільники з реактивними пристроями. При великих швидкостях руху автомобіля внаслідок зниження сил опору повороту коліс і тиску

рідини в реактивних пристроях зусилля на рульовому колесі може зменшитися нижче рекомендованих меж, що ускладнює керування і підвищує стомлюваність водія. Збільшення ефективних площ реактивних пристроїв у розподільнику для усунення цього недоліку ускладнює керування автомобілем на знижених швидкостях з мінімальними радіусами повороту. Використання розподільників з обмеженою реактивною дією не дає істотного зниження зусилля на рульовому колесі при маневруванні автомобіля в обмежених умовах. Тому для покращення керованості та безпеки руху автомобілів доцільно підвищувати зусилля на рульовому колесі зі зростанням швидкості руху. У зв'язку з цим перспективним є застосування підсилювачів рульового керування з системою, що забезпечує регулювання реактивного впливу на рульовому колесі в залежності від швидкості руху автомобіля. Наприклад, рульове керування автомобіля Ніссан Блурд обладнане електронним трирежимним регулятором для автоматичної зміни зусилля на рульовому колесі зі зміною швидкості руху рульовому колесі зі зміною швидкості руху. Водій може вибрати один із трьох режимів роботи регулятора [10, с. 100].

Основні способи отримання змінної реактивної дії підсилювачів рульового керування можна реалізувати за допомогою гідравлічних, електрогідравлічних, а також електронних пристроїв у вигляді мікропроцесорів.

В якості керуючого сигналу для зміни режиму роботи підсилювача використовується швидкість автомобіля. Можна враховувати також момент на рульовому колесі, швидкість повороту рульового колеса, бічне прискорення тощо.

Зміна ефективності підсилювача і, отже, зусиль на рульовому колесі досягається такими способами:

- регулюванням подачі насоса гідропідсилювача шляхом зміни його робочого об'єму, частоти обертання приводного електродвигуна, ковзання муфти приводу від двигуна автомобіля тощо;

- регулюванням тиску рідини в реактивних камерах розподільника незалежно від тиску в порожнинах гідроциліндра;

- регулюванням тиску нагнітання рідини в розподільник;

- регулюванням зусиль пружин, що центрують золотник;

- перекриттям каналів реактивних камер та блокуванням золотника;
- з'єднанням порожнин гідроциліндра через регульований дросель;
- створенням змінного підпору рідини, що йде на злив з гідроциліндра; перемінним дроселюванням рідини, що нагнітається в гідроциліндр.

Різні способи регулювання реактивної дії підсилювача не рівноцінні з погляду керованості автомобіля. Наприклад, використання перших двох способів може призвести до зменшення чутливості автомобіля до повороту рульового колеса, оскільки збільшується вільний хід рульового колеса. Тому переважні способи, які пов'язані з впливом на золотник розподільника.

Наявність в підсилювачі додаткового насоса, який приводиться від трансмісії, дозволяє використовувати його і як аварійний насос при відмові основного.

Підсилювач з корекцією зусиль на рульовому колесі, який призначений для встановлення на швидкісні автомобілі високого класу та автобуси наведено на рисунку 4.30.

Система рульового керування з корекцією зусиль на рульовому колесі складається з наступних частин:

- електронний спідометр 2;
- керуючий блок 1;
- підсилювач рульового керування, який виконаний в одному картері 4 з гідроциліндром;
- рульова передача типу «гвинт – кулькова гайка – рейка – зубчастий сектор» у поєднанні з електрогідроперетворювачем 3.

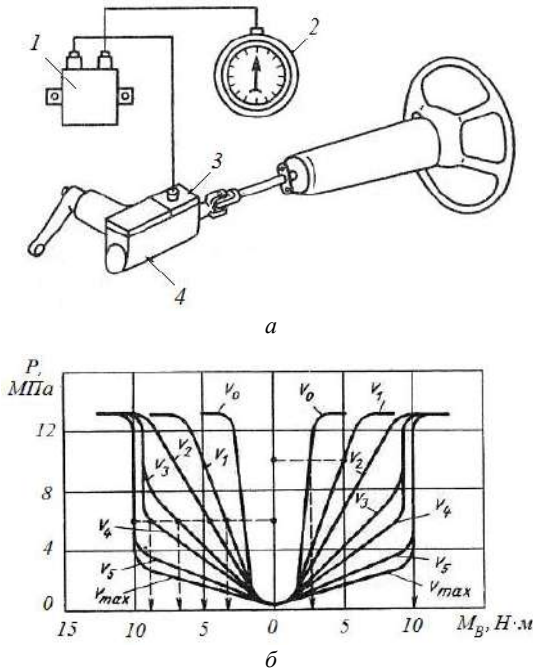


Рисунок 4.30 – Рульовий підсилювач з корекцією зусиль на рульовому колесі за швидкістю руху автомобіля:
a – схема компоновки; 1 – керуючий блок; 2 – електронний спідометр; 3 – електрогідроперетворювач; 4 – картер із гідроциліндром; *б* – робоча характеристика зміни тиску від моменту на рульовому колесі

Сигнал від спідометра подається на блок керування з програмним пристроєм, який в залежності від характеристик конкретного автомобіля створює на електрогідроперетворювачі 3 сигнал, що забезпечує зміну ефективності підсилювача відповідно до швидкості руху автомобіля.

Робочі процеси, які мають місце при роботі підсилювача з ГГА полягають у наступному.

При повороті коліс на місці (на рисунку 4.30 *б* крива v_0) або у процесі маневрування на знижених швидкостях тиск рідини у підсилювачі збільшується до $p=10$ МПа при моменті, який розвивається водієм на рульовому колесі $M_e=3-5$ Н·м, що підвищує маневреність автомобіля.

Зі збільшенням швидкості руху навіть при зниженні необхідного тиску рідини до $p=4$ МПа момент на рульовому колесі підвищується і при V_{max} досягає $M_0=10$ Н·м.

Ефективність підсилювача регулюється збільшенням тиску рідини у реактивних пристроях зі збільшенням швидкості руху, що потребує від водія більшої участі у повороті коліс. При зниженні швидкості руху, навпаки, ефективність підсилювача збільшується, що зменшує участь водія при повороті коліс.

4.10.3 Підсилювачі з кроковими гідроприводами

Застосування крокового гідроприводу (КГП) відкриває широкі можливості створення уніфікованих систем керування для транспортних машин самих різних компоновочних схем.

Рульовий підсилювач з КГП складається з двох основних частин:

- блоку керування;
- виконавчої частини, яка служить безпосередньо КГП.

Кожне колесо може мати окремий КГП, керований за своїм алгоритмом, наприклад, в багатоопорних автомобілях.

Блок керування, на який впливає водій, виробляє сигнали керування КГП для керованих коліс чи секцій зчленованої машини. Алгоритм роботи блоку керування може бути досить складним і гнучким. Можливості блоку керування визначаються обсягом пам'яті і швидкодією бортової ЕОМ, а також набором датчиків про стан і режим руху керованого автомобіля [10, с. 102].

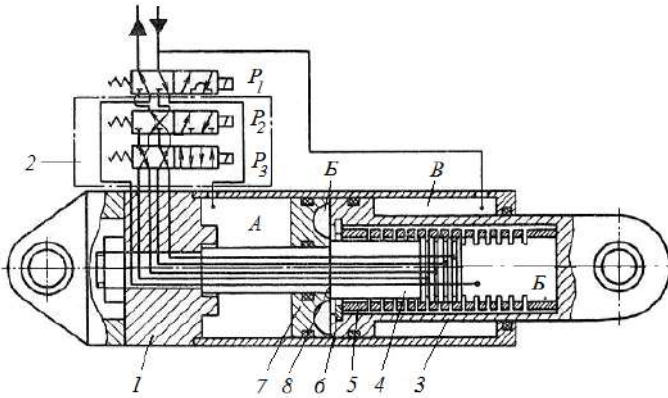
Застосування сучасних бортових ЕОМ дозволяє керувати поперечними силами, що діють на машину з боку дороги, оптимальним чином, з урахуванням:

- поточних значень кутів бічного відведення;
- вертикальної реакції;
- сили тяги, що реалізується;
- гальмівної сили на колесі;
- крену колеса і т. д.

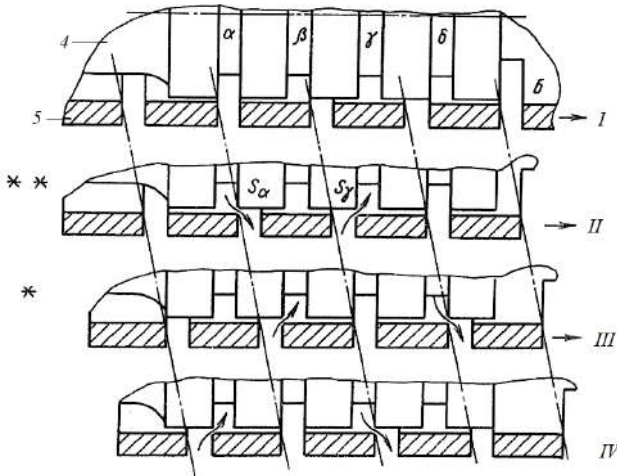
Таким керуванням можна одночасно підвищити середню швидкість та безпеку руху. КГП не поступається за швидкодією, стежачим гідропідсилювачам рульового керування.

На рисунку 4.31 *a* наведена схема рульового підсилювача з КГП, що складається з:

- крокового диференціального гідроциліндра I ;
- блоку електромагнітних розподільників 2 .



a



б

Рисунок 4.31 – Рульовий підсилювач із кроковими гідроприводами:
a – взаємне компонування розподільників та силового циліндра; *б* – взаємне положення золотника та втулки на тактах циклу роботи; I – гідроциліндр; 2 – блок електромагнітних розподільників; 3 – шток; 4 – нерухомий золотник; 5 – втулка; 6 – пружинне кільце; 7 – вільний поршень; A, B, B – порожнини гідроциліндра; P_1, P_2, P_3 – розподільники; S_α, S_γ – прохідні перерізи вікон

За алгоритмом роботи штоку 3 гідроциліндра I знаходиться в середньому положенні. У гідроциліндрі влаштований кроковий розподільник (КР), що складається з:

- нерухомого золотника 4;
- втулки 5.

Втулка 5 утримується в порожнині штока 3 пружинним кільцем 6. Золотник має чотири кільцеві канавки α , β , γ і δ (рис. 4.31 б), з'єднані магістралями всередині золотника із розподільником P_3 . Ще один внутрішній канал з'єднує порожнину гідроциліндра B з розподільником P_1 . Робоча рідина від насоса підводиться до розподільника P_1 і в порожнину B .

Робочі процеси, які мають місце при роботі підсилювача з ГГА полягають у наступному.

Розподільник P_1 разом із поршнем 7 забезпечує примусове повернення коліс у нейтральне положення, якому відповідає середнє положення штока 3. При виключенні розподільника P_1 рідина нагнітається у порожнини A і B , порожнина B з'єднується зі зливом. Під дією тиску у порожнинах A і B поршень 7 і шток 3 встановлюються у середнє положення, яке визначається буртиком 8 на золотникові KP . При включенні розподільника P_1 порожнини A і B з'єднуються між собою, і поршень 7 не впливає на роботу KPI , а напірна та зливна магістралі підключаються до розподільника P_2 .

Розподільники P_2 і P_3 забезпечують крокове переміщення штоку 3. Всі можливі поєднання станів двопозиційних розподільників P_2 і P_3 і відповідних станів магістралей (такти I–IV) наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Поєднання станів розподільників і відповідних станів магістралей

Такт	Стан розподільників		Стан магістралей			
	P_2	P_3	α	β	γ	δ
I	-	-	Н	Зз	З	Зз
II	+	-	Зз	З	Зз	Н
III	+	+	З	Зз	Н	Зз
IV	-	+	Зз	Н	Зз	З

Примітка: Н – нагнітання, З – злив, Зз – закрито

Кожний такт відрізняється від попереднього станом тільки розподільника.

Такт I – обидва розподільника виключені. У порожнинах B і B тиск однаковий, але на підставі того, що різні площаді на які діє тиск рідини, шток разом з гільзою висувається із циліндра. Рух штоку зупиняється, як тільки канавка γ з'єднується із прорізом у гільзі, рисунок 4.31 б. Рідина циркулює по ланцюгу канавка $\alpha \rightarrow$ порожнина $B \rightarrow$ канавка γ . При цьому, положення штока стійке, оскільки механічні обурення, які діють на нього зі сторони колеса, автоматично компенсуються збільшенням або зменшенням тиску у порожнині B .

Такт II – включається розподільник P_2 . Рідина під тиском надходить у порожнину B через канавку δ . Шток 3 з втулкою переміщується ще на один крок і зупиняється, коли відкривається зливний отвір в канавку β . Шток 3 при цьому також знаходиться у положенні стійкої рівноваги.

Такт III – включається розподільник P_3 . Під тиском нагнітання откривається канавка γ , а зі зливом з'єднується канавка α . Шток 3 переміщується ще на один крок.

Такт IV – виключається розподільник P_2 . Підсилювач спрацьовує аналогічно попереднім тактам, і шток 3 висувається ще на один крок. При цьому золотник 4 і втулка 5 становляться во взаємне положення, яке відповідає такту I . Якщо повторити цикл переключень розподільників у тому же порядку тактів, то шток буде продовжувати висуватися на шаг у кожному такті. Послідовність переключень можливо починати з будь-якого такту.

Для руху штоку 3 у зворотньому напрямку необхідно переключати розподільники у зворотній послідовності тактів.

4.11 Двоконтурний підсилювач

Одним из перспективних шляхів підвищення надійності рульових керувань автомобілів великої вантажопідйомності, які у теперішній час є достатньо швидкохідними, є [10]:

- застосування дублюючих елементів;
- застосування дублюючих контурів.

На рисунку 4.32 неведена схема системи рульового керування великовантажного автомобіля-скидака БелАЗ-7519 з двоконтурним підсилювачем.

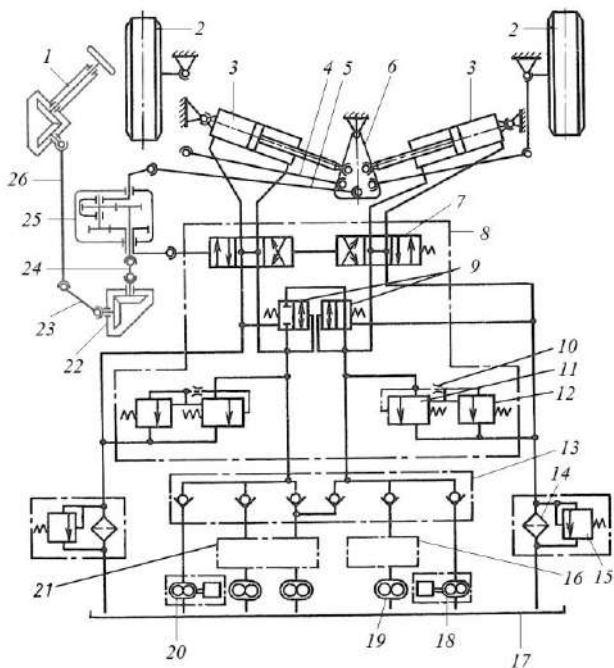


Рисунок 4.32 – Схема системи рульового керування з двоконтурним підсилювачем:

- 1 – рульова колонка; 2 – кероване колесо; 3 – гідроциліндр; 4 – тяга рульової трапеції; 5 – слідкуюча тяга; 6 – важіль; 7 – розподільник;
 8 – гідророзподільник; 9 – врівноважуючий клапан; 10 – дросель;
 11 – переливний клапан; 12 – запобіжний клапан;
 13 – блок зворотніх клапанів; 14 – фільтр;
 15 – перепускний клапан; 16, 21 – гідророзподільвачі скидального механізму;
 17 – бак; 18, 20 – аварійні насоси; 19 – насос; 22 – кутовий редуктор;
 23, 24, 26 – карданні вали; 25 – планетарна передача

Кожний із незалежних контурів підсилювача включає, рисунок 4.32 б:

– гідроциліндр 3;

- розподілювач 7 з відкритим центром;
- врівноважуючий клапан 9;
- запобіжний клапан 12;
- переливний клапан 11;
- основний насос 19;
- аварійний насос 18 або 20;
- фільтр 14;
- перепускний клапан 15.

Розподілювачі 7 керуються синхронно від важеля сонячної шестерні планетарного ряду планетарної передачі 25.

При нормальній роботі підсилювача врівноважуючі клапани 9 з'єднують нагнітаючі магістралі обох контурів, вирівнюючі у них тиски рідини. У випадку відмови один з контурів клапа 9 і зворотній клапан забезпечують відключення справного контура від пошкодженого. Запобіжні клапани відкриваються при досягненні тиску у системі 10 МПа.

Аварійні насоси 18 і 20 приводяться у дію від електродвигунів і забезпечують керування автомобілем при його буксируванні з непрацюючим двигуном.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. З яких елементів складається підсилювач рульового керування автомобіля?
2. Які вимоги висуваться до підсилювачів рульового керування?
3. Назвіть ознаки, за якими класифікуються підсилювачі рульового керування.
4. У чому полягає сутність механічного підсилювача рульового керування?
5. Як Ви розумієте процес періодичної подачі робочого середовища у гідравлічному підсилювачі?
6. Яку функцію виконує дублюючий насос, який введений до схеми рульового керування, що зображена на рисунку 4.1?
7. Дайте характеристику за ознаками класифікації рульового керування, яке зображено на рисунку 4.2 а.
8. У чому полягає робота пневматичного підсилювача?

9. Яким чином можуть бути скомпоновані елементи пневматичного підсилювача?

10. Яке призначення планетарного редуктора, який введений до електричного підсилювача на рисунку 4.7?

11. Дайте характеристику підсилювача, який зображений на рисунку 4.10 *a*.

12. Якого типу золотник розподільвача наведений на рисунках 4.13 *a*, 4.14 *a*, 4.15, 4.17 *a*?

13. Яку функцію виконує центруючий елемент розподільника підсилювача рульового керування?

14. Яке призначення має реактивний пристрій розподільника підсилювача рульового керування?

15. За якою ознакою відрізняються гідравлічні джерела енергії у гідравлічних підсилювачах?

16. Яке призначення гідрогазового акумулятора енергії?

17. У чому полягає сутність підсилювача з гідрогазовими акумуляторами?

18. У чому полягає сутність підсилювача з корекцією зусилля на рульовому колесі?

19. Яка особливість підсилювача з кроковими гідроприводами?

20. З яких елементів складається кожен із незалежних контурів підсилювача, що наведений на рисунку 4.32?

5 АМОРТИЗАТОРИ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

5.1 Загальні відомості

Амортизатор рульового керування виконує наступні функції:

- компенсація ударних навантажень та попередження биття рульового керування;
- підвищення комфорту та безпеки їзди на автомобілі;
- демпфування удароподібних моментів на передніх колесах;
- попередження повороту коліс при несподіваному появленні різних за величиною бічних та поздовжніх сил.

Амортизатор в конструкції рульового керування встановлюється горизонтально, рисунки 3.28, 5.1, 5.2 [10].

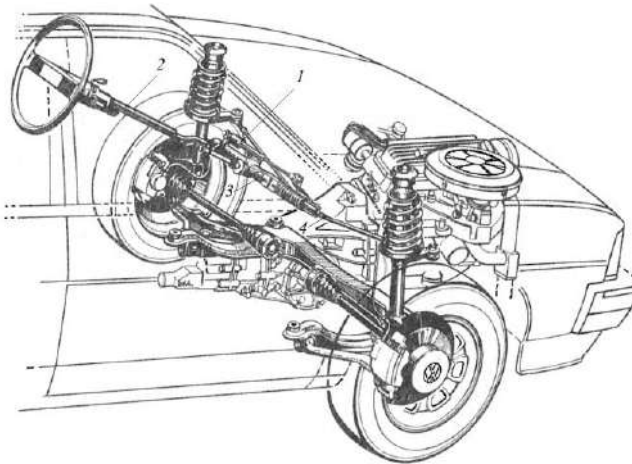


Рисунок 5.1 – Рульове керування та підвіска Макферсон автомобіля «Пассат Ц»:

1 – амортизатор; 2 – рульова колонка; 3 – корпус рейки; 4 – права рульова тяга

У випадку встановлення рульового механізму типу «шестерня – рейка» амортизатор одним кінцем закріплюється до рейки за допомогою шарніра-провушини або безпосередньо різьбовим з'єднанням, іншим кінцем амортизатор закріплюється до корпусу рульового механізму.

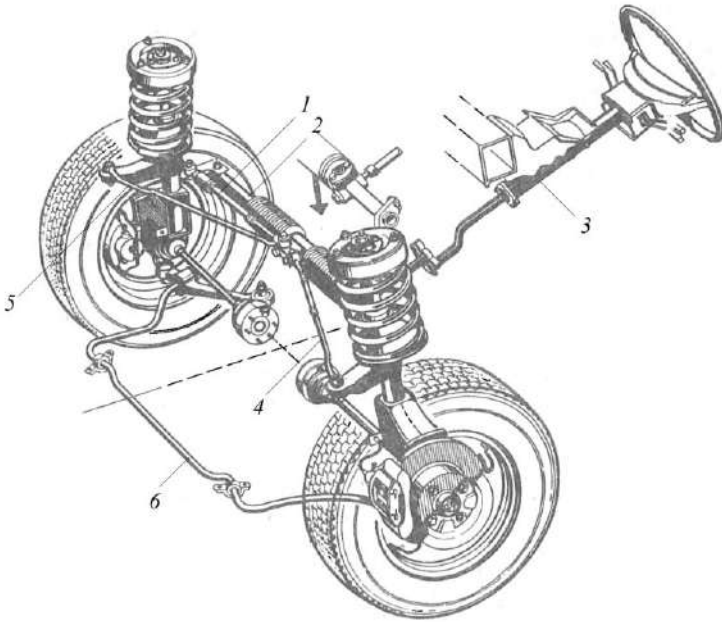
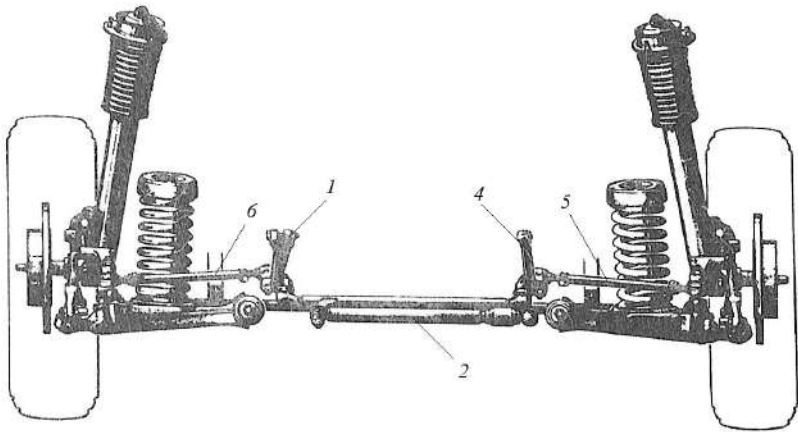


Рисунок 5.2 – Рульове керування та підвіска Макферсон автомобіля «Ауді-100» мод.83:
 1 – амортизатор; 2 – корпус рейки; 3 – рульова колонка;
 4, 5 – рульові тяги; 6 – стабілізатор поперечної стійкості

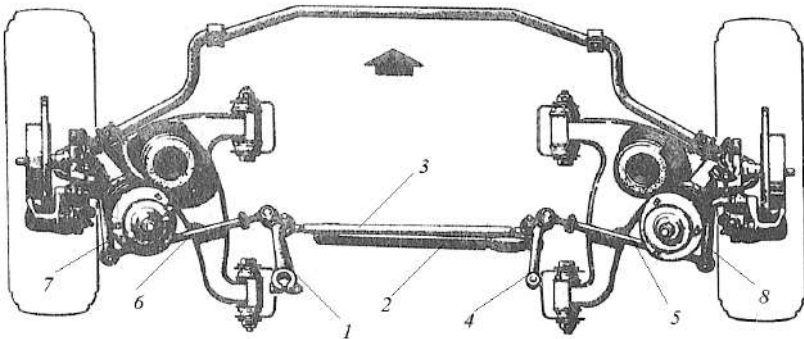
В автомобілях з рульовим механізмом, який має на виході обертальний рух елемента рульової пари амортизатор може бути закріплений:

– до сошки та середньої тяги, рисунок 5.3 у випадку незалежної підвіски коліс;

– до сошки і поперечної тяги у випадку залежної підвіски. При цьому амортизатор розташовується паралельно поперечині підвіски, рисунок 5.4.



a



б

Рисунок 5.3 – Передня підвіска і рульове керування автомобілів мод. 190/190E «Daimler-Benz». Середня тяга закріплена на сошці і маятниковому важелі знизу, бічні тяги закріплені зверху. Демпфер пов’язаний із середньою тягою: *a* – вид спереду; *б* – вид зверху; 1 – сошка; 2 – амортизатор; 3 – поперечна тяга; 4 – маятниковий важіль; 5, 6 – тяга рульова; 7, 8 – важіль поворотний

Амортизатори рульового керування мають однотрубну конструкцію та у наслідок того, що вони розташовуються горизонтально, мають компенсаційну камеру для розділення робочої рідини і повітря.

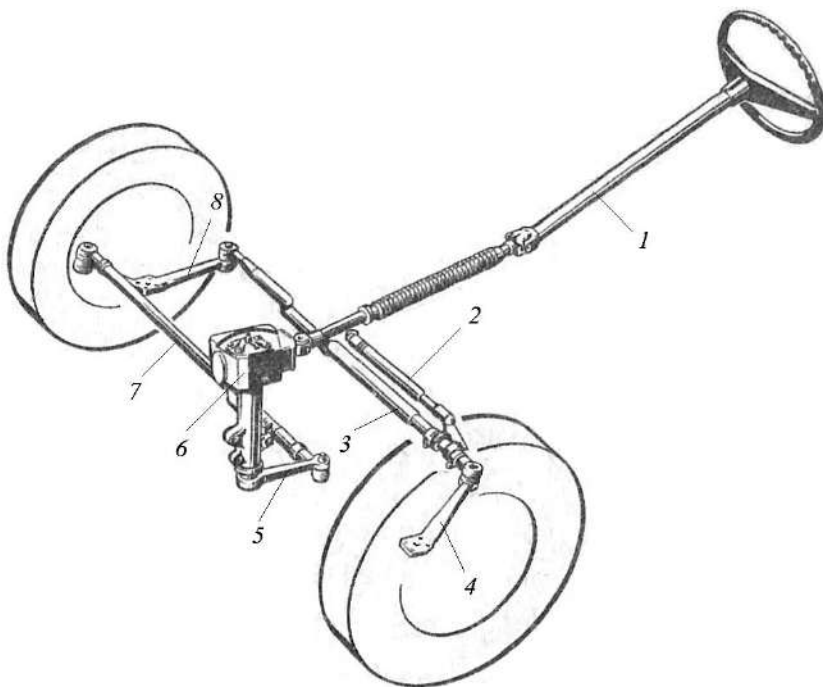


Рисунок 5.4 – Рульове керування повнопривідного автомобіля мод. 240 ЖД/280 «Daimler-Benz» (1978 рік):

- 1 – рульова колонка; 2 – амортизатор; 3 – задня поперечна тяга;
 4, 8 – поворотні важелі; 5 – сошка; 6 – рульовий механізм;
 7 – передня поперечна тяга

5.2 Амортизатори для легкових, вантажопасажирських і вантажних автомобілів малої вантажопідйомності

Найбільш поширеної конструкцією амортизатора є амортизатор німецької фірми Stabilisc, рисунок 5.5 [10].

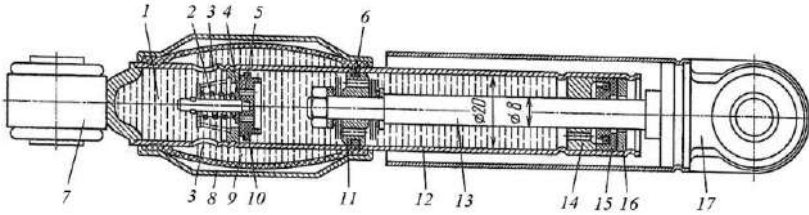


Рисунок 5.5 – Амортизатор рульового керування фірми Stabilisc:

- 1 – проміжна камера; 2 – пружина; 3, 5 – отвір; 4 – пластина; 6 – кільце;
 7, 17 – провусина; 8 – труба; 9 – шланг; 10 – клапан; 11 – поршень;
 12 – циліндр; 13 – шток; 14 – напрямна; 15 – ущільнення; 16 – захисна шайба

При ході штока 13 на стисненні гідравлічна рідина через два отвори 5 клапана 10 перетікає у проміжну камеру 1, віджимаючи при цьому пластинку 4, на яку діє пружина 2. Пластина 4 відіграє роль золотника клапана співвідношень тиску.

Компенсаційна камера створена порожниною між шлангом 9 і трубою 8. Як і у всіх однотрубних амортизаторах, на поршні 11 встановлені клапани стискання і відбою. Ущільнення поршня відносно циліндра 12 створює кільце 6. На кінці циліндра 12 опресуванням закріплена напрямна 14 штока 13, ущільнення 15 і захисна шайба 16. Поздовжній отвір, що виконаний у напрямні 14 призначений для вирівнювання тиску.

Кріплення амортизатора здійснюється за допомогою шарнірів провусин 7 і 17.

Наведений амортизатор повинен мати можливо більш коротку «мертву» довжину, яка майже не залежить від ходу s . Збільшення ходу s потребує тільки подовження шлангу 9 і труби 8. Однак подовження труби 8 іноді є небажаним із-за відсутності монтажного місця. Тому більш раціональна у таких випадках конструкція з чашеподібною манжетою, рисунок 5.6.

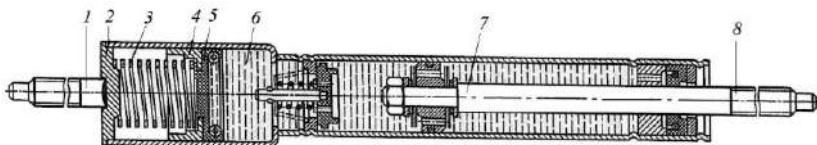


Рисунок 5.6 – Амортизатор рульового керування фірми Stabilisc з поздовжньо розташованою компенсаційною камерою:

1, 8 – різьбові шпильки; 2 – кришка; 3 – пружина; 4 – напрямна;
5 – манжета; 6 – камера; 7 – шток

У наведеній конструкції амортизатора компенсаційна камера 6 приварена до торця циліндра і має збільшений у порівнянні з ним діаметр. При ході штока 7 на стисненні манжета 5 переміщується, подолав при цьому зусилля пружини 3. Жорсткість пружини 3 розрахована так, щоби при невеликому тиску у камері 6 не здійснювалівсь виштовхування штока 7. Положення манжети у циліндрі фіксується напрямною 4.

Для кріплення амортизатора передбачені різьбові шпильки 1 і 8, одна з які приварена до кришки 2 циліндра.

На рисунку 5.7 наведена конструкція компенсаційної камери амортизатора «Voge». Сила опору амортизатора досягає максимального значення $\pm 800\text{Н}$ при швидкості поршня $v=0,131\text{ м/с}$, тобто при ході $s=25\text{ мм}$ і $n=100\text{ хв}^{-1}$ [10].

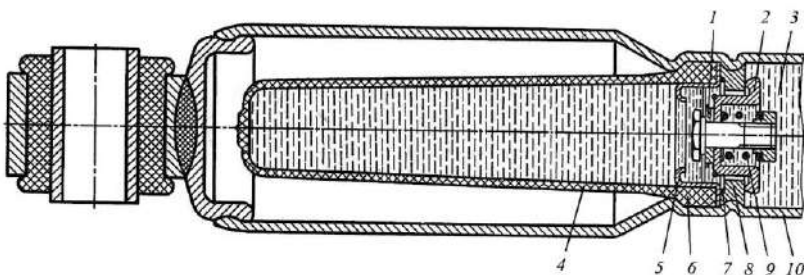


Рисунок 5.7 – Компенсаційної камери амортизатора «Voge»:

1 – пластинка; 2 – ковпачок; 3 – камера; 4 – стакан; 5 – опорне кільце;
6 – товщений край; 7, 9 – пружина; 8 – перемичка; 10 – циліндр

Відділення повітря від гідравлічної рідини у цьому амортизаторі здійснюється стаканом 4 із пружного матеріалу,

утовщений край 6 якого притиснуто до опорного кільця 5 стінкою циліндра 10. Діаметр циліндра збільшений для вільного розширення стакана 4 при ході стиснення. Це дозволило також зменшити довжину компенсаційної камери і, як наслідок, «мертву» довжину.

5.3 Амортизатори для вантажних автомобілів середньої, великої і дуже великої вантажопідйомності

При експлуатації вантажних автомобілів середньої, великої і дуже великої вантажопідйомності, сили, які розвиваються у бічних поперечних тягах значно перевищують відповідні сили у тягах легкових автомобілів і вантажних автомобілів малої вантажопідйомності. Це потребує більш ефективного демпфування, і як наслідок, збільшення діаметра поршня амортизатора. Необхідно також враховувати від'ємний вплив шарнірів, які мають малу податливість у напрямку навантаження. Більш того, для зменшення діаметру розвороту необхідний більший кут повороту коліс, більш довгі важелі рульової трапеції обумовлюють підвищений хід амортизатора, тобто більший діаметр його поршня [10].

Так, наприклад, для автобусів фірми «Daimler-Benz» амортизатор фірми Stabilus має наступні параметри:

- хід $s=400$ мм;
- «мертва» довжина $L_m=200$ мм;
- діаметр поршня $d_n=40$;
- діаметр штока $d_{ш}=14$;
- при ході у 50 мм і швидкості переміщення $v=0,262$ м/с опір складає $F=\pm 1,1$ кН.

5.4 Амортизатори із опором, що залежить від хода переміщення

Амортизатор, який надає однаковий опір у всьому діапазоні кутів повороту коліс, може не тільки викликати незначене обтяження рульового керування, але і потребувати більш високого моменту для повернення коліс у нейтральне положення. Це особливо стосується легкових і вантажо-пасажирських автомобілів, на яких по економічним міркуванням підсилювач рульового керування не встановлюється. Крім того, амортизатор

повинен забезпечувати плавність рульового керування, особливо при русі автомобіля по прямій з великою швидкістю, тобто при середньому положенні елементів рульової пари у механізмі.

При повороті коліс виникають протидіючі моменти, які навряд чи можуть проявитися у вигляді коливань рульового керування. З врахуванням вище викладеного був розроблений амортизатор, у якому сила опору залежить від ходу штока, рисунок 5.8 [10].

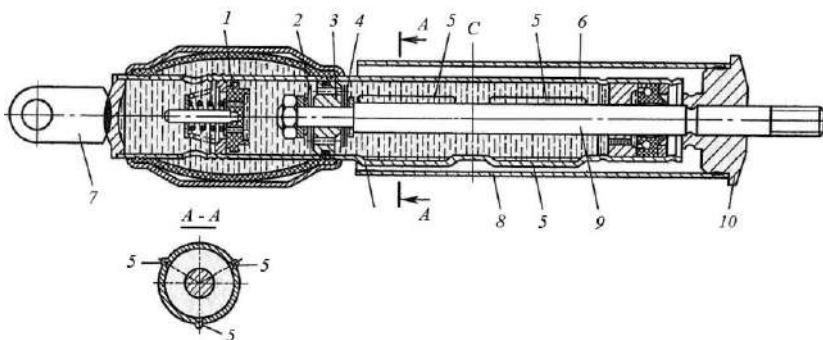


Рисунок 5.8 – Амортизатор фірми Stabilisc із опором, що залежить від ходу переміщення:

- 1 – клапан; 2 – клапан відбою; 3 – поршень; 4 – клапан стиснення;
 5 – канавка; 6 – циліндр; 7 – вушко; 8 – захисна труба; 9 – шток;
 10 – кришка

При ході поршня 3 у межах ± 10 мм відносно його середнього положення *C* зусилля амортизатора відносно велике. При переході поршня 3 в область канавок 5, які відштамповані на циліндрі 6, рідина починає перетікати з однієї сторони поршня 3 на іншу, крім клапана стиснення 4 або відбою 2. Завдяки цьому сила опору в області канавок 5 приблизно вдвічі менше опору у середньої області. Крім того, завдяки клапану 1, який закріплений на проміжному дні циліндра 6 опір при ході стиснення менше, ніж при ході відбою. Канавки 5 звичайно виконуються на всю довжину поршня 3. Кришка 10 захисної труби 8 закріплена на штоку 9 опресуванням.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які функції виконує амортизатор у рульовому керуванні автомобіля?
2. Між якими частинами конструкції автомобіля встановлюється амортизатор рульового керування?
3. Чи відрізняється спосіб встановлення амортизатора у рульовому керуванні, яке наведено на рисунках 5.3 б та 5.4?
4. За якими ознаками відрізняються амортизатори, які наведено на рисунках 5.5 і 5.6?
5. У чому полягає сутність роботи амортизатора із опором, що залежить від хода переміщення?

6 РУЛЬОВІ КОЛОНКИ

До пристрою рульової колонки рульового керування автомобіля відносяться наступні складові частини:

- труба рульової колонки (захисна труба), яка закріплюється до кузова;
- вал рульового колеса, що з'єднує рульове колесо з рульовим механізмом;
- деталі кріплення та з'єднання.

6.1 Вали рульового колеса легкових автомобілів

Вали рульового колеса призначені для передачі обертального руху від рульового колеса до рульового механізму. Відповідно з умовами надійної експлуатації рульового керування у цілому та робочими процесами, що мають місце при здійсненні маневрування автомобілем рульові вали повинні бути:

- жорсткими на кручення при передачі обертальних моментів;
- володіти визначеною пружністю у невеликому кутовому діапазоні для зменшення коливань рульового керування;
- мати можливість поздовжнього вигину для підвищення травмобезпечності (наприклад, застосування гофрованої труби як ланки рульового валу, яка може складатися «у гармошку», рисунок 6.1, 6.2 [12]).

Конструкція рульового валу автомобілів «Golf» фірми «Volkswagen» приведена на рисунку 6.3 [12]. Вал має два карданних шарніра 2 і 3, які з'єднують його верхні і нижні ланки, а також вал рульового механізму. При цьому верхня ланка розміщена у голчастому підшипнику 4 та радіальному кулькопідшипнику 5. Нижній шарнір 2 захищений гофрованим чохлом 1, верхній кінець прикріплений до передньої стінки кузова. Верхня ланка має телескопічну конструкцію. При цьому ця ланка (рисунок 6.3 а) складається із:

- плоскої частини 1, що має можливість всуватися у частину 3, рисунок 6.3 б;
- трубчастої частини 3 прямокутного перетину.

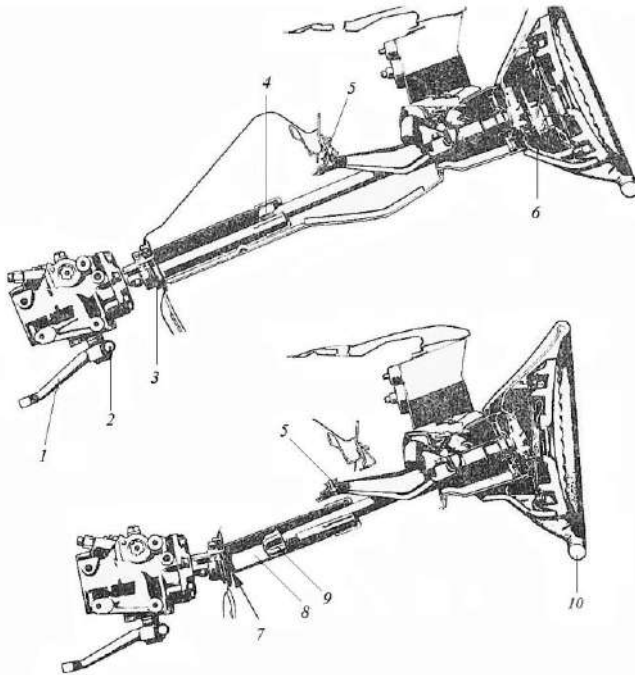


Рисунок 6.1 – Травмобезпечна рульова і чашоподібне рульове колесо автомобіля фірми «Daimler-Benz» (1978 рік):
 1 – рульовий механізм; 2 – рульова сошка; 3 – нижня ланка рульового валу;
 4 – труба рульової колонки; 5 – напрям дії сили деформування

Складання телескопічної ланки під час виникнення потужної фронтальної сили визначається геометрією і матеріалом двох пластмасових втулок, які вставляються у заглиблення 2, рисунок 6.3 б. Листова накладка 5, яка приварена до частини 1 забезпечує електричне з'єднання обох частин для електроланцюга звукового сигналу.

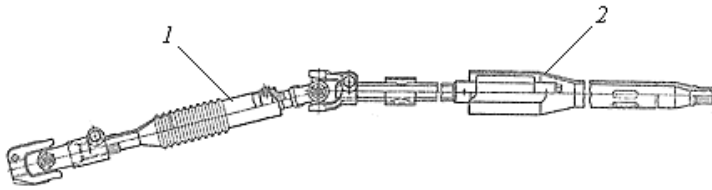


Рисунок 6.2 – Вал рульового колеса, виготовлений фірмою «Lemforder metallvaren» для фірми «Volvo»:

- 1 – нижня ланка рульового валу;
2 – телескопічна ланка верхньої ланки рульового валу

У виїмку напівхомута 4 входить ригель замка рульової колонки.

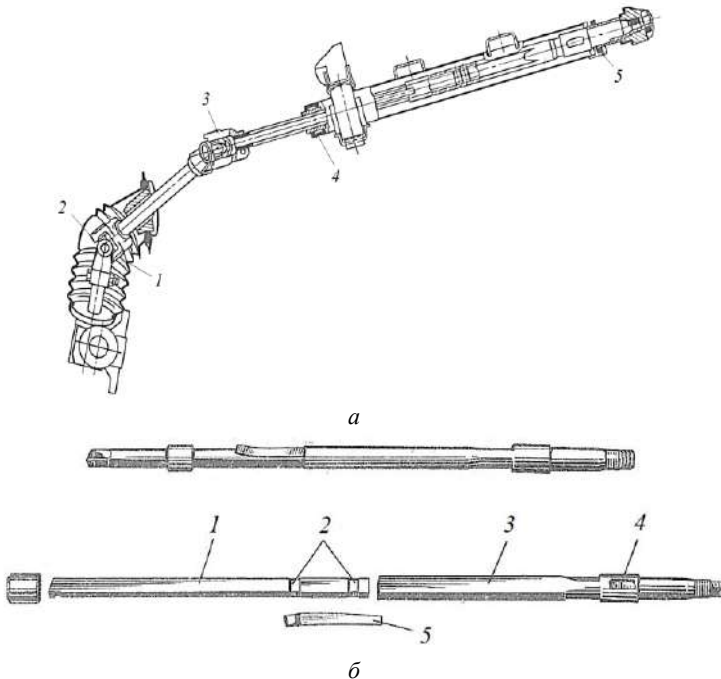


Рисунок 6.3 – Вал рульового колеса автомобілів «Golf» фірми «Volkswagen»:
а – загальний вид: 1 – чохол; 2, 3 – шарнір; 4 – роликпідшипник;
5 – кулькопідшипник; б – телескопічна ланка: 1 – плоска частина;
2 – поглиблення; 3 – трубчаста частина; 4 – напівхомут; 5 – листова накладка

Ще одним простим засобом, який підвищує травмобезпечність є муфта, що розчіплюється, рисунок 6.4 [12]. Така муфта створена фланцем 2 на валу рульового колеса і штифтом 1 на валу рульового механізму.

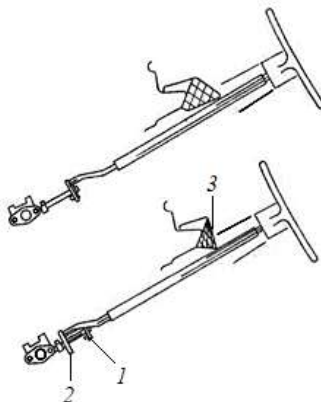


Рисунок 6.4 – Травмобезпечна рульова колонка автомобілів фірми «Audi» мод.80 і мод.100, «Фольксваген-пассат» у нормальному стані (зверху) і після лобового удару автомобіля (знизу)

У нормальному стані штифт 1 входить у отвір во фланці 2, забезпечує при цьому з'єднання обох валів. Така муфта не перешкоджає втоплюванню рульового колеса при ударі об нього водія. При цьому деформується також консоль 3, яка кріпить трубу рульової колонки до приладової панелі.

У протилежність застосуванню конструкції з деформованою консолю, яка наведена на рисунку 6.4 фірма «Daimler-Benz» на автомобілях мод.190/190E у пристрої рульової колонки використала дві муфти, що розчіплюються, рисунок 6.5 [12].

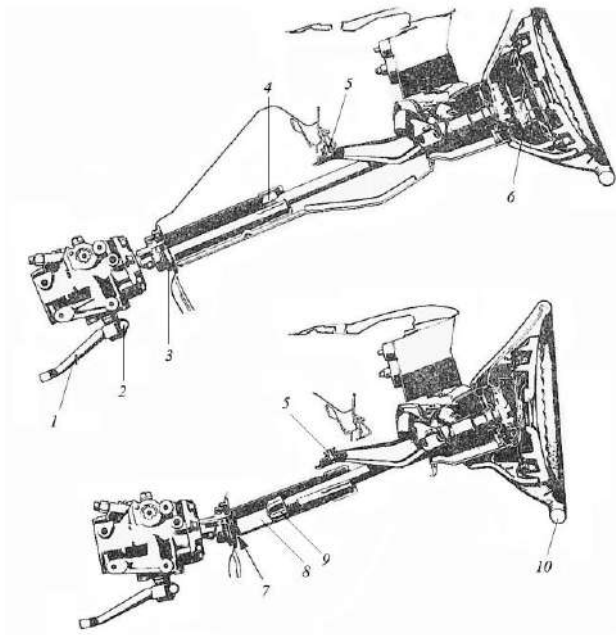


Рисунок 6.5 – Рульова колонка автомобіля «Мерседес 190/190Е» у нормальному стані (зверху) і після лобового удару автомобіля (внизу): 1 – сошка; 2 – шестигранна голівка; 3 – манжета; 4 – поводок; 5 – муфта; 6 – пластина; 7 – місце злому; 8 – ланка; 9 – втулка; 10 – обід

При лобовому ударі пластмасова зіркоподібна втулка 9 проковзує уперед по трубчастій ланці 8 валу, виходячи із зачеплення з поводком 4. При цьому ланка 8 грає роль спрямовуючої для втулки 9. Крім того, передбачено місце заданого злому 7, який попереджає защемлення втулки 9 у ланці 8, якщо при ударі зміниться кутове положення рульового механізму. У момент удару муфта 5 розчіплюється, виключає можливість випрямлення рульового колеса. Пластина 6 подачі звукового сигналу нахилиється разом з ободом 10 рульового колеса. Ущільнення валу рульового колеса на передній стінці кузова здійснюється манжетою 3 і ущільненим кільцем.

6.2 Вали рульового колеса вантажних автомобілів

При розташуванні кабіни над двигуном вона у більшості випадків робиться відкидною для зручності установки і обслуговування двигуна, рисунок 6.6 [12].

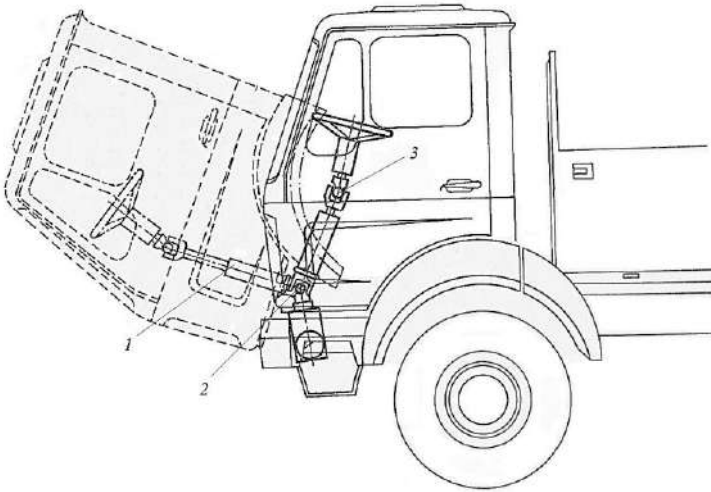


Рисунок 6.6 – Відкидна кабіна вантажного автомобіля з ланкою, що витягується:

1 – рульова колонка; 2, 3 – карданні шарніри

При цьому вал рульового колеса повинен легко витягуватися вздовж своєї осі без якого небудь радіального люфту. Рульова колонка виконується телескопічною та має у своєму пристрої два карданних шарніри, нижній 2 і верхній 3. Прикладом застосування відкидної кабіни є автомобілі сімейства ГАЗ-66, МАЗ, КамАЗ.

6.3 Труба рульової колонки

Конструкція рульової колонки повинна передбачати не тільки податливість валу при виникненні ударного навантаження, а також і труби. З метою попередження травм остання повинна подаватися уперед при перевантаженнях разом з валом.

Так, фірма «Орел» майже на усіх моделях своїх автомобілів встановлює трубу рульової колонки із перфорованого листового

матеріалу, яка поглинає енергію удару при складанні «у гармошку», рисунок 6.7 [12].

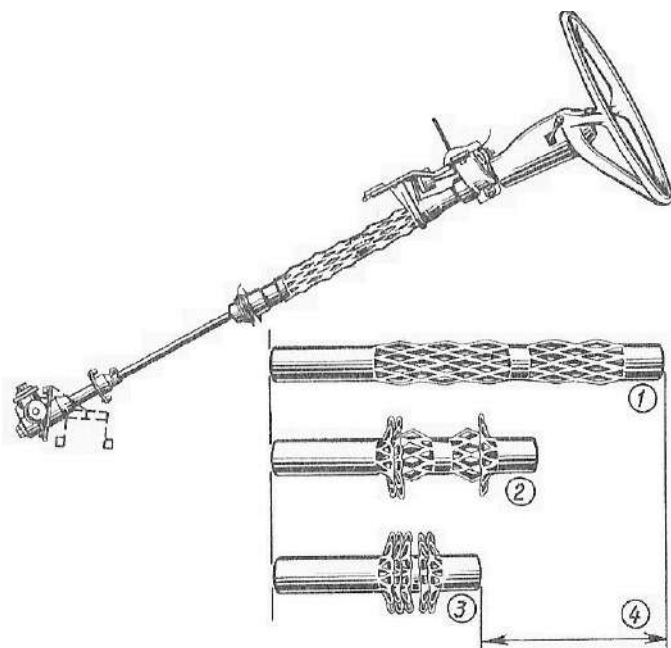


Рисунок 6.7 – Рульова колонка з трубою, яка поглинає енергію:
1 – труба до удару; 2 – труба у процесі удару; 3 – труба повністю склалась «у гармошку»; 4 – можливий хід втоплювання рульової колонки

На рисунку 6.8 наведена конструкція рульової колонки автомобілів з розташуванням кабіни над двигуном (автомобілі «Кадет», «Аскона» [12]). Телескопічний вал 2 рульового колеса покладений у пружну дискову муфту 1 і дворядний кулькопідшипник 4, який гвинтовою пружиною 5 притиснутий до уступу на валу 2. При цьому труба 3 рульової колонки виконана гофрованою.

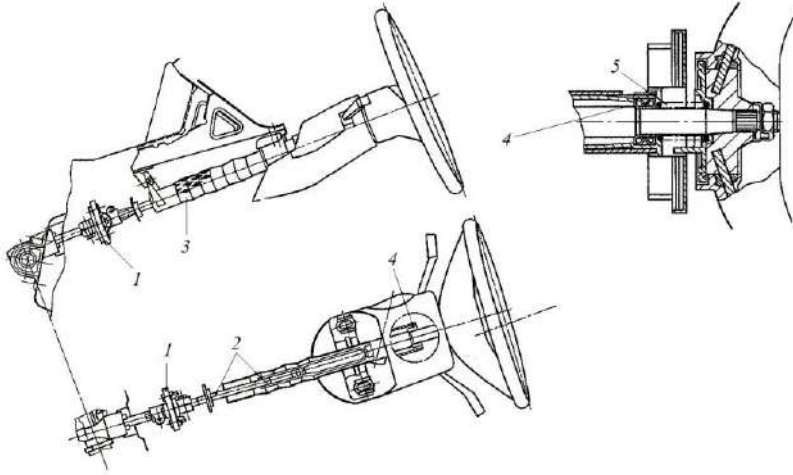


Рисунок 6.8 – Рульова колонка:
 1 – дискова муфта; 2 – телескопічний вал; 3 – труба;
 4 – кулькопідшипник; 5 – пружина

При класичному компонуванні, що передбачає розташування кабіни поза двигуном на автомобілі «Манта» (1983 рік) додатково у конструкцію рульової колонки введена нижня ланка 2. Остання приєдналась до верхньої ланки шарніром 3, рисунок 6.9 [12].

Вал рульового колеса і у цьому випадку закріплюється у пружній муфті 1 і дворядному кулькопідшипнику, який гвинтовою пружиною 4 притиснутий до верхньої ланки валу рульового колеса. Пружна муфта у даній конструкції передбачена для демпфування ударів і коливань рульового керування.

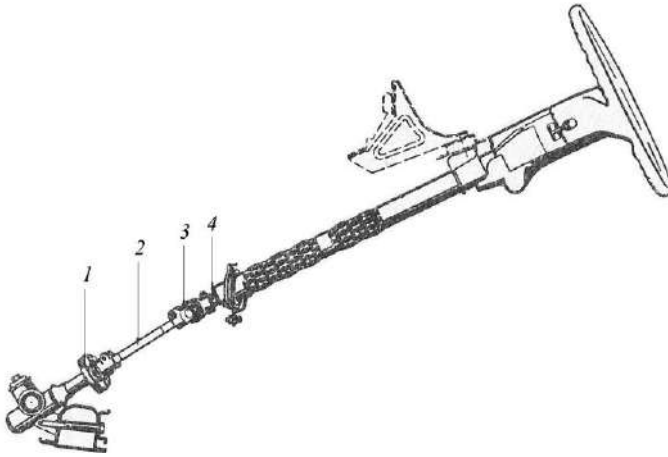


Рисунок 6.9 – Рульова колонка автомобіля «Опель-манта» (1983 рік):
1 – муфта; 2 – нижня ланка; 3 – карданний шарнір; 4 – гвинтова пружина

Гофрована труба, що прогинається у конструкціях легкових автомобілів фірми «Ford» використана для кріплення рульової колонки до панелі приладів. На рисунку 6.10 наведена рульова колонка автомобіля «Форд-сіера», «Форд-ескорт» класичної компоновки з гофрованою трубою і нижньою ланкою рульового валу достатньо великої довжини.

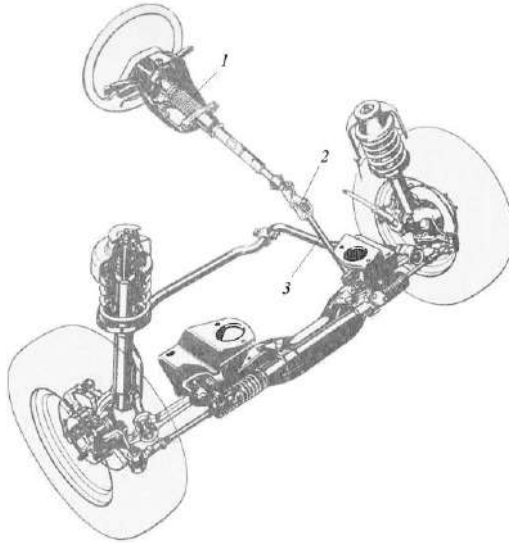


Рисунок 6.10 – Передня підвіска Макферсон автомобіля «Форд-серра» з травмобезпечною рульовою колонкою:
1 – гофрована труба; 2 – шарнір; 3 – нижня ланка рульового валу

6.4 Кріплення валу рульового колеса

Виходячи з наведеного вище вал рульової колонки може бути цілним або розрізним, тобто складатися з двох ланок, поєднаних у визначений спосіб між собою.

Якщо нерозрізний вал рульового колеса у нижній частині з'єднаний з шестернею рульового механізму, то у верхній частині у трубі рульової колонки необхідний тільки один кулькопідшипник, або голчастий роликпідшипник, який не повинен передавати ніяких аксіальних зусиль. Цей підшипник відчуває тільки зусилля, які обумовлені поворотом рульового колеса водієм, і коливання зі сторони коліс. Також можливе встановлення дворядного кулькопідшипника.

Якщо вал рульового колеса складається із двох ланок, то верхня ланка, яке несе рульове колесо повинна кріпитися у двох місцях. При цьому один із підшипників повинен бути плаваючим, інший – нерухомим.

Приклад встановлення нерухомого кулькопідшипника наведено на рисунку 6.11 [12]. Нерухомий підшипник 6 встановлений на ребрах пластмасової втулки 5, яка спирається на дві накладки 4 з поздовжніми отворами для ригеля замка рульової колонки. Нижній кінець 1 валу рульового колеса закріплений у плаваючому голчастому роликпідшипнику, який складається із двох частин. Його внутрішнє кільце 2 встановлено на поліуретановій втулці 3 з ребрами.

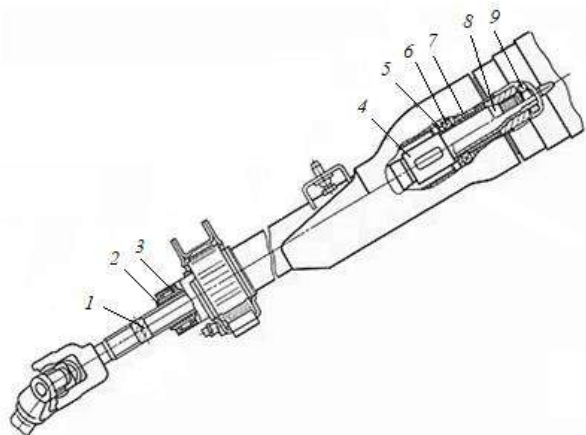


Рисунок 6.11 – Рульова колонка автомобілів «Golf» фірми «Volkswagen»:
 1 – нижній кінець валу; 2 – внутрішнє кільце; 3, 5 – втулка; 4 – накладки;
 6 – нерухомий підшипник; 7 – труба; 8 – конус; 9 – гайка

В конструкції рульової колонки, яка наведена на рисунку 6.12, нижній підшипник виконано нерухомим, верхній – плаваючим. Рульове колесо 11 притиснуто до втулки 12, яка охоплює дрітвяне стопорне кільце 10, що встановлено у канавці на валу рульового колеса.

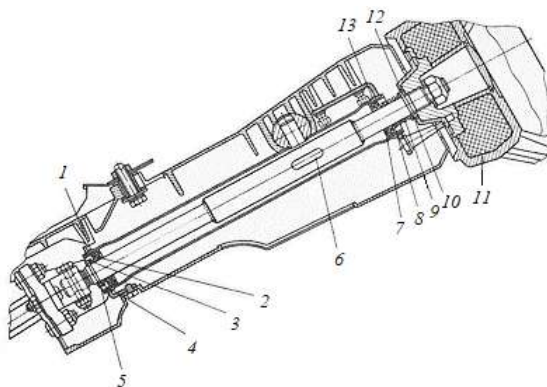


Рисунок 6.12 – Рульова колонка автомобіля п'ятої серії фірми BMW (1981 рік):
 1, 13 – потовщення; 2 – нижній підшипник; 3, 4 – деталі зовнішнього кільця;
 5, 12 – втулка; 6 – поглиблення; 7 – внутрішнє кільце; 8 – опірне кільце;
 9 – гвинтова пружина; 10 – стопорне кільце; 11 – рульове колесо

Втулка 12 призначена також для утримання гвинтової пружини 9 через опірне кільце 8, яке давить на внутрішнє кільце 7 верхнього підшипника. Нижній підшипник 2 складається із стопорного кільця 4, втулки 5, опорного кільця 3 і радіального кулькопідшипника. Поглиблення 6 на валу рульового колеса призначено для вводу ригелю замка рульової колонки. Потовщення 1 і 13 передбачені для кріплення рульової колонки до панелі приладів.

У тому випадку, якщо нижня ланка рульового колеса повинна попереджувати його переміщення в аксіальному напрямку, то ланка встановлюється на двох плаваючих підшипниках. Таке кріплення нижньої ланки застосовано у конструкціях рульових колонок легкових автомобілів фірм «Fiat» і «Peugeot», рисунок 6.13 [12].

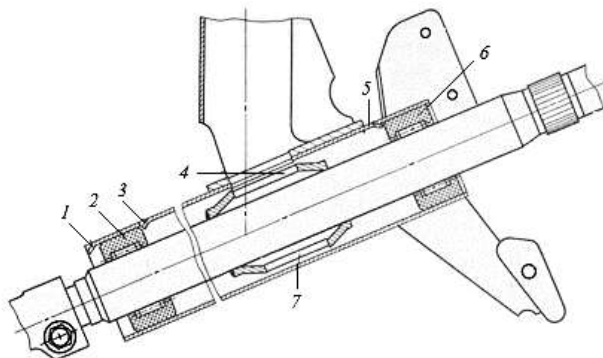


Рисунок 6.13 – Установка ланки рульового валу на двох плаваючих підшипниках:
 1, 3, 5 – вм’ятини у трубі колонки;
 2, 6 – голчасті роликпідшипники; 4, 7 – отвори

В даній конструкції рульової колонки встановлені голчасті підшипники 2 і 6, які для ізоляції шумів і компенсації відхилень від заданих розмірів охоплені гумовими втулками. Ролики підшипників котяться безпосередньо по поверхні валу рульового колеса, яка випрасувана витяжкою або послідуною накаткою. Підшипники фіксуються у трубі рульової колонки вм’ятинами 1, 3, 5. У середній частині валу рульового колеса приварені накладки з поздовжніми отворами 4 і 7 для ригеля замка рульової колонки.

6.5 Елементи з’єднання валу рульового колеса з рульовим механізмом

6.5.1 Пружні дискові муфти для малих кутів між валами

Пружні муфти доцільно використовувати у ланцюзі передачі обертового моменту рульового колеса у тих випадках, коли коливання, які передаються через цей ланцюг можуть порушити повернення рульового колеса або погіршити плавність рульового керування. Найбільш широко розповсюдженими із поєднувальних елементів, які встановлюються між цільним валом рульового колеса і рульовим механізмом, є пружні дискові муфти, рисунок 6.13 [12].

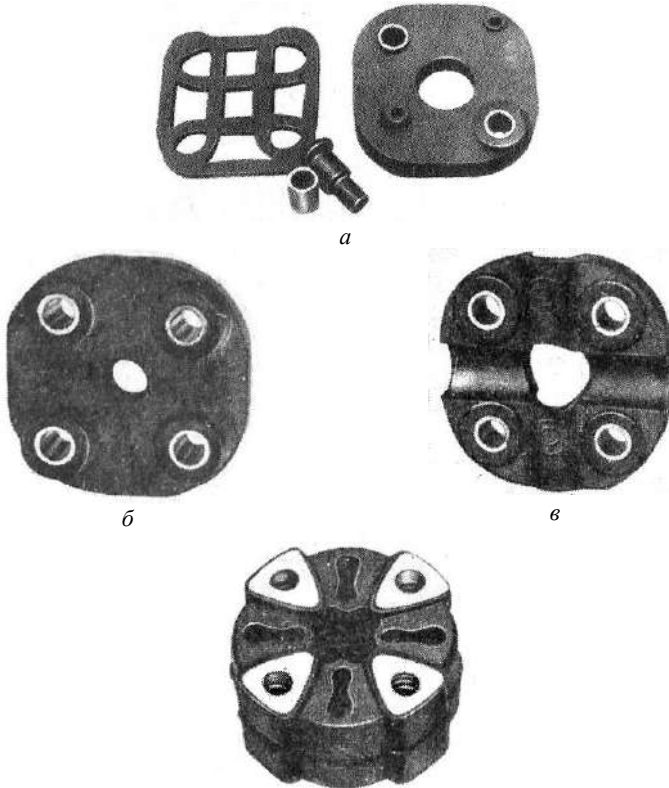


Рисунок 6.13 – Пружні дискові муфти:

a – втулки у вигляді відрізків труби, які призначені для вводу штифтів муфти, що розчіплюється, муфта має два пальці для кріплення до фланцю рульового механізму; *б* – муфта, фланці якої приварюються встик до валу рульового колеса і валу рульового механізму; *в* – муфта з чотирма напівциліндричними поглибленнями, які забезпечують прогресивну характеристику; *г* – муфта з компромісом між крутильної жорсткістю і демпфуванням коливань

6.5.2 Пружні дискові муфти для великих кутів між валами

Якщо між фланцями на валу рульового механізму і на валу прямого цільного валу рульового колеса кут не може бути виключений, то використовувати пружні муфти, які наведено у п.6.5.1, не можна. У цьому випадку може бути використаний

гомокінетичний шарнір, який складається із двох пружних дисків, які розташовані один за одним, рисунок 6.14 [12]. Цей шарнір допускає кут перекосу до 40° , і його пружність може бути обрана майже будь-якою. Для цієї мети також можливо використання муфти з карданним шарніром.

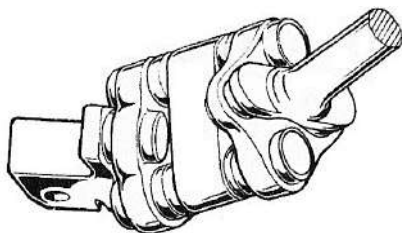


Рисунок 6.14 – Гомокінетичний шарнір

Пружні диски на валу рульового колеса потребують визначеного місця. У випадку, якщо його не має за компонуванням, то можна використовувати комбіновану муфту фірми «Nadella», рисунок 6.15 [12].

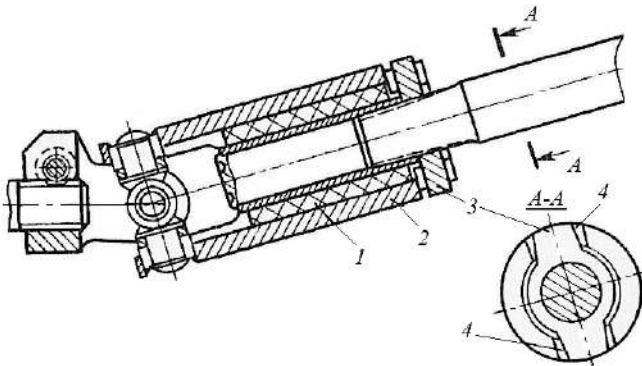


Рисунок 6.15 – Комбінована муфта:

1 – гумова втулка; 2 – труби; 3 – зуб; 4 – зазор

Ця конструкція представляє собою карданний шарнір, один кінець якого має форму труби 2. Гумова втулка 1, яка запресована у трубу 2, здійснює шумоподавляючу дію і визначає жорсткість муфти при крученні у обох напрямках у

кутовому діапазоні, у якому можуть обертатися два зуба 3. Зуби 3 сидять на валу рульового колеса у зазорі 4 на торці труби 2. Така конструкція дозволяє отримати необхідну податливість валу рульового колеса для подавлення коливань рульового керування.

6.5.3 Карданні шарніри

Карданні шарніри жорстко передають обертальні моменти, які діють на вал рульового колеса. В залежності від розмірів вони допускають кути перекосу до $34-50^\circ$, при цьому діаметр поверхні, який створює обертання деталей шарніра складає 42-55 мм. Карданний шарнір складається з чотирьох голчастих роликотішипників 1, які посаджені на шипи хрестовини 2, рисунок 6.16. Шипи сприймають також аксіальні сили.

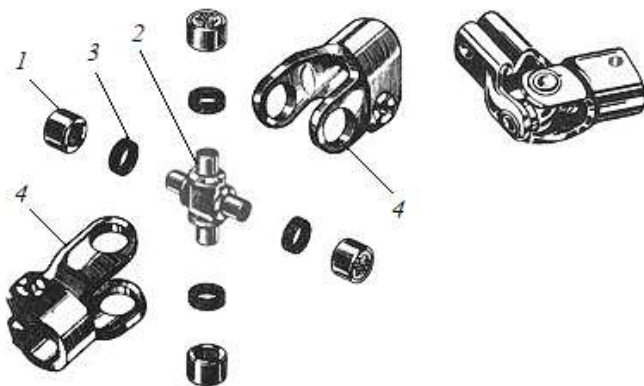


Рисунок 6.16 – Карданний шарнір:

1 – роликотішипник; 2 – хрестовина; 3 – ущільнювальні кільця; 4 – вилки

6.6 Пристрої регулювання положення рульових колонок

У конструкції рульових колонок можуть бути застосовані механічний та електричний приводи регулювання її положення відносно панелі приладів.

Принципова конструкція основних деталей рульової колонки не залежить від того, чи оснащена вона механічним або електричним пристроєм для регулювання положення. В обох випадках застосовується електричне блокування рульового валу.

Так, в конструкції рульової колонки автомобіля Audi A8 з механічним пристроєм рульова колонка фіксується за допомогою двох пакетів сталевих пластин, по 8 штук кожному, рисунок 6.17.

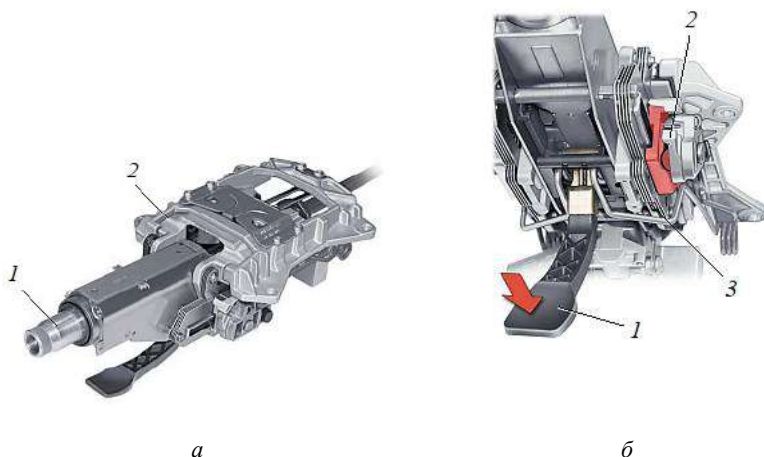


Рисунок 6.17 – Рульова колонка автомобіля Audi A8:
a – вид зверху: 1 – вал; 2 – консоль; *б* – вид знизу: 1 – важіль; 2 – ексцентрик

Чотири пластини у кожному пакеті можуть переміщатися вздовж осі кермової колонки. Для цього в них передбачено поздовжні виїмки. Інші чотири пластини розташовані з кожної сторони колонки вертикально і обидві забезпечують її регулювання по висоті. При фіксації колонки пластини стискаються двома роликками, які набігають на виступ кулачкової шайби. Важіль фіксатора утримується в кінцевому положенні пружиною, що проводиться через мертву точку.

Електродвигун з редуктором 3 та ходовим гвинтом 2 встановлені на корпусі, що коливається. Напрямний корпус 7 з рульовим валом жорстко з'єднаний із бігунком 1. Ходовий гвинт 2 вкручений у різьбовий отвір бігунка 1, рисунок 6.18.

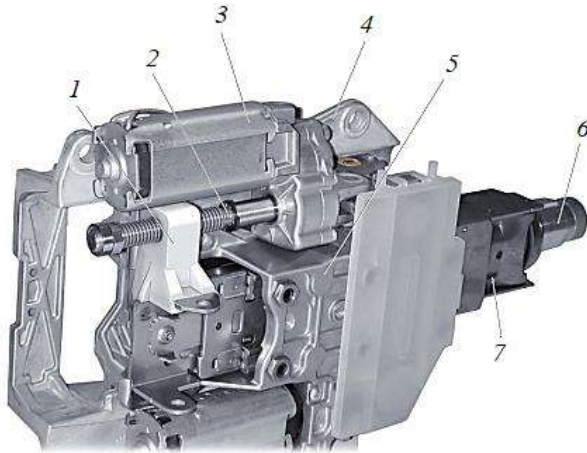


Рисунок 6.18 – Елементи електроприводу рульової колонки автомобіля Audi A8 при регулюванні по горизонталі:

1 – бігунок; 2 – ходовий гвинт; 3 – електродвигун з редуктором; 4 – консоль;
5 – корпус, що хитається; 6 – рульовий вал; 7 – напрямний корпус

Регулювання колонки по горизонталі полягає у наступному. Обертання ходового гвинта перетворюється на поздовжнє переміщення бігунка разом з напрямним корпусом 7 та кермовим валом 6, рисунок 6.18. При цьому вбудований в електродвигун датчик Холла вимірює кількість обертів його ротора. Сигнал цього датчика використовується у блоці управління для визначення миттєвого положення кермової колонки.

Регулювання колонки по вертикалі полягає у наступному. Корпус, що хитається, разом з напрямним корпусом 2 і рульовим валом може повертатися відносно консолі 3. Електродвигун 5 із гнучким валом 6, ходовим гвинтом 7 і редуктором жорстко з'єднані з корпусом, що хитається. У консолі 3 встановлена гайка 1, в яку вкручений ходовий гвинт 7. Обертання ходового гвинта 7 перетворюється на вертикальне переміщення гайки 1. При цьому корпус, що хитається разом з напрямним корпусом 2 та рульовим валом повертаються навколо спільної осі 4, рисунок 6.19 а.

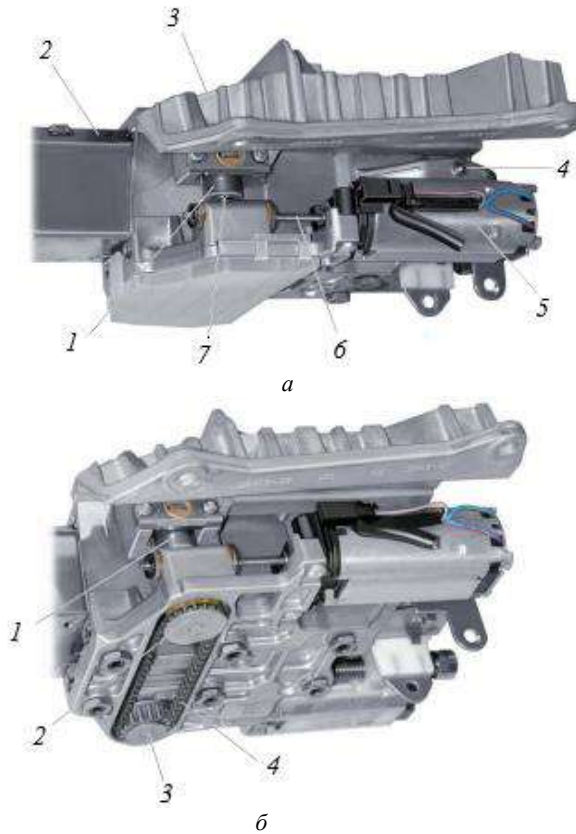


Рисунок 6.19 – Елементи електроприводу рульової колонки автомобіля Audi A8 при регулюванні по вертикалі:

- а* – вид зверху: 1 – гайка; 2 – напрямний корпус; 3 – консоль; 4 – вісь обертання;
 5 – електродвигун; 6 – гнучкий вал; 7 – ходовий гвинт;
б – вид спереду: 1 – гайка; 2 – зубчастий шків; 3 – ходовий гвинт

На іншому кінці ходового гвинта закріплено зубчастий шків 3. Зубчастий ремінь передає обертання на шпindel, розташований по інший бік рульової колонки. Двостороння опора рульової колонки сприяє збільшенню жорсткості механізму регулювання. Вбудований в електродвигун датчик Холла вимірює кількість обертів його ротора. Сигнал цього датчика використовується у

блоці управління для визначення миттєвого положення рульової колонки

На автомобілі А8 моделі 2003 року вперше застосовано електроблокування рульового валу. Роздільна установка органів керування та механізму блокування дозволила отримати явний вигаш щодо:

- пасивної безпеки завдяки звільненню місця для надколінної подушки безпеки;
- захисту від угону завдяки зниженню доступності до компонентів;
- вартості в результаті розташування блоку управління, електродвигуна та редуктора в одному блоці.

Пристрій електроблокування наведений на рисунку 6.20.

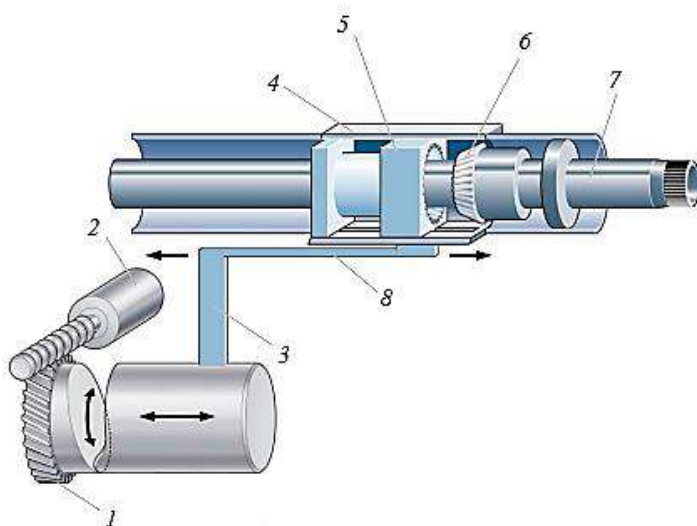


Рисунок 6.20 – Електроблокування рульового валу автомобіля А8 моделі 2003:

- 1 – черв’ячне колесо; 2 – електродвигун; 3 – важіль; 4 – напрямний корпус;
- 5 – движок блокатора; 6 – шестерня блокатора; 7 – рульовий вал; 8 – штанга

На трубчастому рульовому валу 7 встановлена за допомогою обмежувальної муфти кінцева шестерня блокатора 6. Ця шестерня взаємодіє з внутрішнім кінцевим вінцем движка 5 блокатора, що переміщається вздовж напрямного корпусу 4.

Електродвигун 2 передає крутний момент через черв'ячну передачу на кулачковий привід важеля блокатора. Важіль 3 переміщається вздовж напрямного корпусу 4 блокатора і захоплює за собою двигун, з яким він з'єднаний за допомогою штанги 8, рисунок 6.20.

При включенні електродвигуна 2 починається обертатися черв'ячне колесо 1 з торцевим кулачком. Важіль 3 блокатора переміщається вздовж напрямного корпусу 4 в результаті взаємодії кулачка з його штовхачем. Разом з важелем 3 рухається двигун блокування. Блокування рульового валу здійснюється в результаті введення в зачеплення зубів двигуна з шестернею блокатора.

Рульова колонка автомобіля Audi A6 з механічним регулюванням може плавно безступінчасто змінювати своє положення як по довжині, так і по висоті. Діапазон регулювання довжиною становить 50 мм, а за висотою 40 мм. Фіксація рульової колонки здійснюється пакетами фрикційних дисків, рисунок 6.21.

У рульової колонки у зафіксованому положенні фрикційні диски притиснуті один до одного ексцентриком. Важіль керування регулюванням розташований у місці, яке не є небезпечним при лобовому зіткненні для колін водія. Для реалізації цього положення було спеціально налаштовано кінематику відмикання. Відмикання стопора здійснюється лише тягою важеля у напрямку до водія.

Рульова колонка з електричним регулюванням положення конструкційно аналогічна рульовій колонці з механічним регулюванням положення.

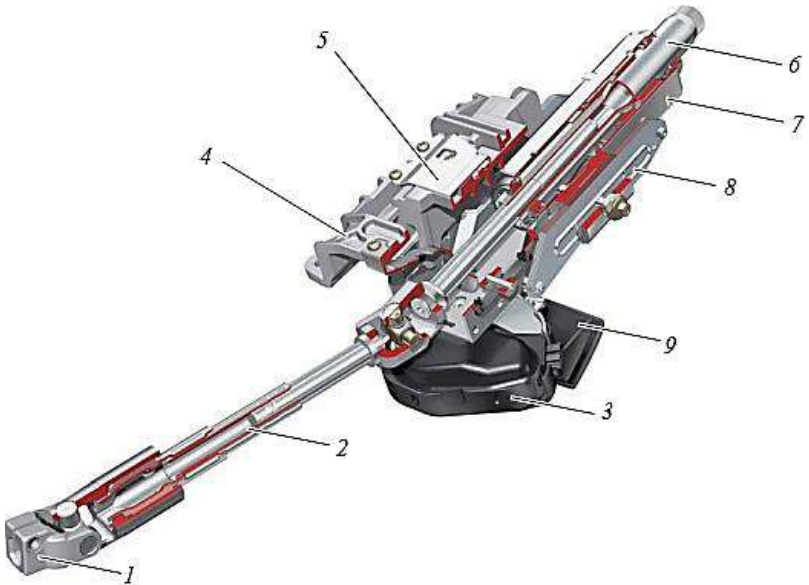


Рисунок 6.21 – Рульова колонка автомобіля Audi A6:

- 1 – клемове з'єднання з валом рульового механізму; 2 – телескопічний вал;
 3 – електропривід регулювання; 4 – консоль; 5 – розривна пластина;
 6 – рульовий вал; 7 – напрямна коробка; 8 – пакети фрикційних дисків;
 9 – важіль керування

Автомобілі Audi A3 оснащуються рульовою колонкою, що регулюється від руки. Діапазон її переміщення у поздовжньому напрямку дорівнює 45 мм, а по висоті вона переміщається не більше 40 мм. Блокування колонки як у поздовжньому напрямку, так і по висоті проводиться затягуванням пакетів пластин 1 і 2, розташованих із двох її сторін. Кожен з пакетів містить 5 пластин, рисунок 6.22 а.

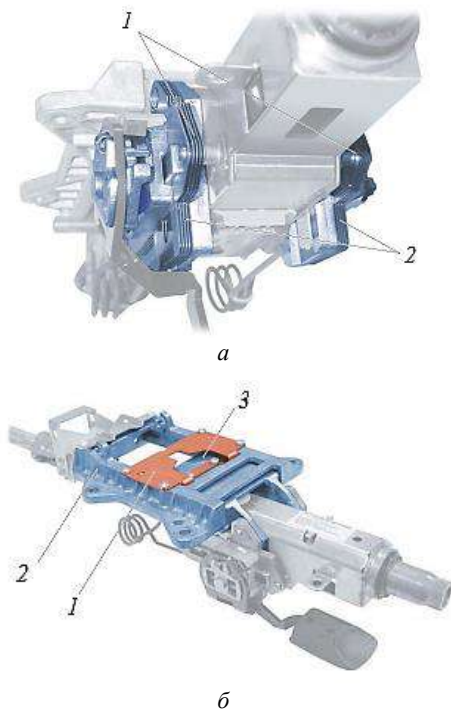


Рисунок 6.22 – Пристрої регулювання рульової колонки автомобіля Audi A3:
a – вид знизу: 1 – пакети пластин для поздовжнього регулювання;
 2 – пакети пластин для регулювання по висоті;
б – вид зверху: 1 – відривна пластина;
 2 – консоль; 3 – каретка

Каретка 3 з'єднана з консоллю 2 за допомогою відривної пластини 1. При аварії автомобіля пластина 1 створює певний опір переміщенню каретки 3, на яку тисне тіло водія.

Привід блокуючих пристроїв та принцип їхньої дії такі ж, як на автомобілях Audi A4. Каретка 3 і консоль 2 рульової колонки готувалися раніше з алюмінієвого сплаву. Починаючи з 25-го тижня 2003 року ці деталі виготовляються з магнієвого сплаву. Одночасно з переходом на новий матеріал була змінена конструкція цих деталей.

Спеціально підібрана форма відривної пластини 1 забезпечує наростання її сили опору у міру просування каретки 3.

На рисунку 6.23 показана конструкція рульової колонки Даймлер-Бенц з регулювальним пристроєм, що складається з електродвигуна 1, черв'ячної передачі 2, конічної передачі 3 і гвинтової передачі 4.

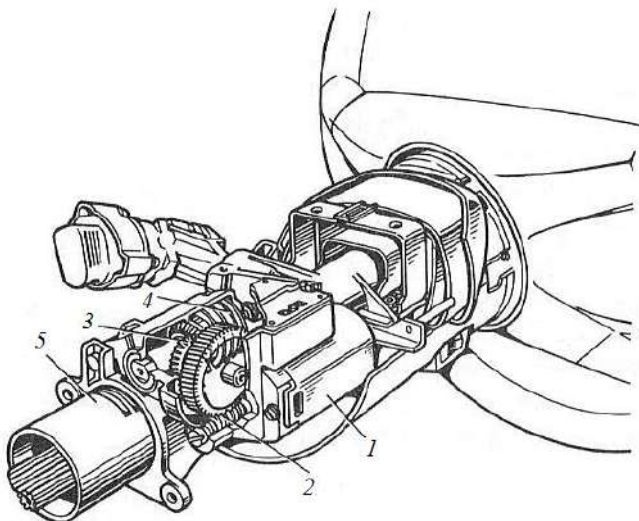


Рисунок 6.23 – Рульова колонка з електричним приводом регулювання положення рульового колеса:

1 – електродвигун; 2 – черв'ячна передача;

3 – конічна передача; 4 – гвинтова передача; 5 – рульова колонка

Рульова колонка 5, на якій виконана нарізка для зачеплення з гвинтом, може переміщатися вздовж осі 60 мм. Є можливість фіксації в запам'ятовуючому пристрої двох будь-яких положень рульового колеса та автоматичного відновлення цих положень за командою водія.

На рисунку 6.24 наведена конструкція рульової колонки автомобілів вантажних та спеціальних автомобілів МАЗ. Зміна кута нахилу рульового колеса забезпечується обертанням маховика 7. Травмобезпечне рульове колесо 1, закріплене на валу 4 в корпусі 8, встановлено на кронштейні кабіни 6. Переміщення рульового колеса по висоті при знятій кришці 2 проводиться обертанням гвинта 3. Кріплення рульового механізму 10 з

розподільником 9 на рамі і компоновка карданної передачі зменшують ймовірність виникнення упорів і забезпечують зміщення деталей рульової колонки при зіткненні в безпечних для водія напрямках. Наявність запобіжного пальця 5, що руйнується при регламентованому зусиллі, покращує пасивну безпеку автомобіля.

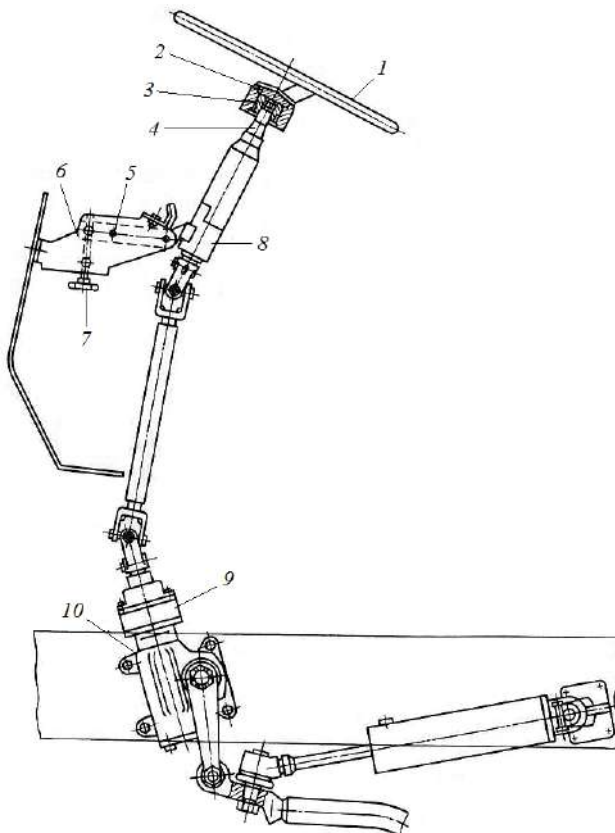


Рисунок 6.24 – Травмобезпечна рульова колонка з регульованим положенням рульового колеса:
1 – рульове колесо; 2 – кришка; 3 – гвинт; 4 – вал; 5 – запобіжний палець;
6 – кронштейн; 7 – маховик; 8 – корпус; 9 – розподільник;
10 – рульовий механізм

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які спеціальні вимоги висуваються до валів рульових колонок?
2. Яке конструктивне виконання можуть мати рульові вали, та чим це визначається?
3. Яку конструкцію має рульовий вал на рисунку 6.5?
4. Яке конструктивне виконання може мати труба рульової колонки?
5. У який спосіб встановлюється вал рульового колеса та чим це визначається?
6. Охарактеризуйте елементи для з'єднання рульового вала та вала рульового механізму при малих кутах між ними.
7. Охарактеризуйте елементи для з'єднання рульового вала та валу рульового механізму при великих кутах між ними.
8. Що собою являє гомокінетичний шарнір?
9. В який спосіб може регулюватися положення рульових колонок?
10. Які елементи входять до складу електричного приводу положення рульової колонки?
11. Яке призначення зубчастого шківів, який наведено на рисунку 6.19 б?
12. Охарактеризуйте пристрій для електроблокування положення рульового валу?
13. Якими додатковими пристроями обладнана рульова колонка, яка наведена на рисунку 6.24?

Перелік посилань

1. ДСТУ UN/ECE R 79-01-2002. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно механізмів рульового управління (Правила ЕЭК ООН № 79-01:1991, IDT)
2. ДСТУ 3649:2008. Колісні транспортні засоби вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю. К.: Держспоживстандарт України, 2008. 50 с.
3. ГОСТ 18667-73. Автомобили, основные агрегаты и механизмы. Термины и определения. Издательство стандартов, 1974. 11 с.
4. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів стосовно захисту водія від удару о систему рульового керування (Правила ЕЭК ООН № 12: 2001).
5. ДСТУ ISO 10998:2013. Вимоги до рульового керування. ДП «УкрНДНЦ», 2016. 14 с.
6. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. К.: Держспоживстандарт України, 2011. 28 с.
8. ГОСТ ISO 5010-2011. Системы рулевого управления колесных машин. <http://vsegost.com/Catalog/52/52588.shtml>
9. Благовещенский А.С. Большой русско-украинский политехнический словарь. К.: «Чумацький шлях». 2002.
10. Чайковский И.П. Рулевые управления автомобилей /И.П. Чайковский, П.А. Саломатин/ М.: Машиностроение, 1987. 176 с.
11. Белоусов Б.Н. Прикладная механика наземных тягово-транспортных средств с мехатронными системами. Монография / Б.Н. Белоусов, С.Б. Шухман// М.:Агроконсалт, 2013. 612 с.
12. Шасси автомобиля: Рулевое управление /Пер. с нем. В.Н. Пальянова; под ред. А.А. Гальбрейха (Раймпель Й.). М.: Машиностроение, 1987. 232 с.
13. Лысов М.И. Рулевые управления автомобилей. М., Машиностроение. - 1972
14. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів : навчальний посібник для студ. вищ. навч. закладів / В. І. Сирота. 2-ге вид., перероб. та доп. Київ : Арістей, 2006. 280 с.

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

16. Горелов В. А., Масленников Л. А., Тропин С. Л. Прогнозирование характеристик криволинейного движения многоосной колесной машины при различных законах всеколесного рулевого управления. Наука и образование. 05.2012. С.75-96. <http://technomag.edu.ru/doc/403845.html>

17. Горелов В. А., Котиев Г. О., Тропин С. Л. “Веерный” закон для всеколесного рулевого управления многоосных колесных транспортных средств. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Машиностроение”. 2012. № 2. С.102-116

18. HICAS/Super HICAS Active Steering Systems. EHFCV NOVEMBER 21, 2014. CHASSIS. <https://ehfcv.com/active-steering-systems-hicassuper-hicas/>

19. Патент №2198812 RU. МПК В62D 7/14 (2000.01). Система рулевого управления боевой бронированной колесной машины. Говоров Н.В., Пестов О.В., Сидоров В.Н., Старостин А.А. Заявл. 30.05.2001. Оpubл. 20.02.2003 Бюл. № 5

20. Патент № 71100 UA. МПК В62D12/00. Подвійний рульовий механізм з зупинкою (варіанти). Холковський В. С. Заяв.:13.03.2003. Оpubл.: 15.11.2004, Бюл. № 11.

21. Системи рульового керування. Опис автомобільної продукції.

https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country_specific/uk/news_and_downloads/pia_lenksysteme_48s_ua_89166.pdf

22. Ситук В. А. Повышение показателей маневренности карьерных самосвалов с электромеханической трансмиссией: автореф. дис. кан. тех. наук: 05.12.22/ Ситук Володимир Олександрович; Днепр.-ий нац. ун-т железн. тр.-а им. акад. В. Лазаряна, 2014. 20 с.

23. Поезжаева Е.В., Смолоногин В.В. Повышение безопасности управления транспортными средствами в условиях городской езды за счет применения систем адаптивного рулевого управления. Вестник ПНИПУ. Урбанистика. №4. 2011. С.17-23. http://vestnik.pstu.ru/urbanistic/archives/?id=&folder_id=861

24. Біліченко В.В., Добровольський О.Л. Перспективи використання активного рульового керування. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин.

- ВНТУ. Вип. 43 част. II. 2013. С.27-31.
<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/2765/1/7.pdf>
25. Активне рульове управління (AFS): теорія та ремонт
<https://avtodoctor.com.ua/ua/blog/active-steering-control-afs-theory/>
26. Рулевое управление Audi A3 модели 2004 года.
https://autoholding.net/605_rulevoe_upravlenie_Audi_AIII_modeli_IIIOIV_goda.html
27. Рулевой механизм VW Touran/ Cross Touran с 2010 года.
<https://krutilvertel.com/volkswagen-cross-touran-2010-glava18-rulevoj-mehanizm>

Додатки

Додаток А

Машини з усіма керованими колесами

Схеми рульових керувань автомобілів із усіма керованими колесами з'явилися на початку ХХ століття. Це конструкція парового автомобіля "Кота" – 1901 р, і шестимісний автомобіль, який у 1909 році збирався випускати Петербурзький машинобудівний завод "Лесснер". Однак такі схеми через підвищену вартість виготовлення застосування не отримали.

Надалі, з розвитком автомобілебудування цей спосіб повороту отримав застосування, його використовували фірми-виробники автомобілів США, Англії, Німеччини, Данії, Швейцарії. Одним із вдалих прикладів є створення фірмою «Daimler-Benz» броньованої розвідувальної машини «Лухс» з колісною формулою 8×8 та всіма керованими колесами (рис. А.1). У середині 80-х років швейцарською фірмою Еріліко було розроблено колісну зенітно-самохідну установку «Ескортер 35». При цьому шасі мало колісну формулу 4х4 і мінімальний радіус повороту становив $R_{min} = 6,2$ м [16].



а



б

Рисунок А.1. Спеціальні машини з рульовим керуванням **1-2-3-4**:
а – броньована розвідна машина «Лухс» фірми «Даймлер-Бенц» з рульовим керуванням **1-2-3-4**; б – зенітно-самохідна установка «Ескортер 35» з рульовим керуванням **1-2**

Лідерство у застосуванні передніх та задніх керованих коліс на легкових автомобілях належить японським фірмам: Nissan (Skyline GT-R), Honda (Prelude), Mazda (626), Mitsubishi (Galant та Sigma) та Toyota (Celica). Це обумовлено тим, що міста надзвичайно насичені транспортними засобами, і через цю умову їх маневрування ускладнилися.

В алгоритмах функціонування систем керування колесами передньої та задньої осі виділяються два основні підходи:

– коригування кутів повороту в залежності від швидкості руху (Nissan, Mitsubishi, Mazda);

– коригування кутів повороту в залежності від кута повороту рульового колеса (Honda).

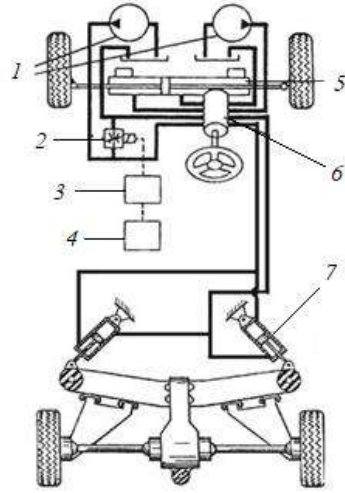
Найпростішу за пристроєм систему запропонувала фірма «Honda». Кінематичний зв'язок між передньою та задньою кермовими рейками здійснюється механічним способом. При цьому переміщення рульової тяги задніх коліс задається ексцентриком узгоджувального механізму, який змушує колеса повертатися при малих кутах повороту рульового колеса спочатку в одну, а потім, у міру збільшення кута повороту керма, в іншу сторону. Система «Honda» досить проста і недорога, важить всього 15 кг, проте її ефективність та точність у роботі далекі від ідеалу.

Алгоритм роботи системи керування з регулюванням за швидкістю в загальному випадку полягає в наступному. На малих швидкостях руху до $V=30-50$ км/год задні колеса повертаються в протифазі з передніми на кут до 7° та синфазно при більш високих швидкостях на $0,5^\circ$.

У серпні 1985 року компанія «Nissan» першою у світі розпочала серійний випуск автомобілів з усіма керованими колесами, застосувавши електрогідрравлічну систему під назвою HICAS (High Capacity Active Steering) на автомобілях сімейства «Skyline», рисунок А.2 [18].



a



б

Рисунок А.2 – High Capacity Active Steering на автомобілях Nissan Skyline GT-R: *a* – загальний вид автомобіля Nissan Skyline GT-R (ECR33); *б* – компоновальна схема HICAS/Super HICAS Active Steering Systems: 1 – тандемний гідравлічний насос; 2 – електромагнітний перепускний клапан; 3 – датчик швидкості руху; 4 – ECU; 5 – система гідропідсилювача рульового керування передніх коліс; 6 – тандемний клапан регулювання тиску; 7 – виконуючий силовий циліндр

У ряді випадків задні колеса легкових автомобілів робляться поворотними не стільки для підвищення маневреності, скільки для підрулювання при проходженні поворотів на високій швидкості або при з'їзді з однієї полоси руху на іншу. Механічний, гідравлічний або електричний рульовий приводи забезпечують поворот задніх коліс на невеликі кути (2–3°), що покращує стійкість руху.

У тенденції розвитку систем керування з приводом на всі колеса (всеколісне рульове керування – ВРК) відомі наступні напрямки.

Перший напрямок полягає в застосуванні рульового керування з приводом, що підключається на колеса задньої осі. Ідея функціонування таких конструкцій полягає у тому, що у більшості випадків, тобто в основних режимах руху автомобілі керуються традиційним способом – за рахунок повороту тільки

передніх коліс. Задні колеса підключаються або автоматично, або в тих випадках, коли маневрування з тих чи інших причин ускладнено (маневрений режим), наприклад, при паркуванні. Зумовлено це тим, що автотранспортні засоби з механічним приводом повороту задніх коліс схильні до нищпорення під час руху по прямій і погано керуються при вході в швидкісні повороти. Даний режим, як уже зазначалося, дозволяє здійснювати поворот з радіусом вдвічі меншим, ніж при транспортному режимі, а також при включенні реверсу, здійснювати так зване «крабовидний» рух, коли всі колеса повернуті в один бік на один і той же кут (рис. А.3).

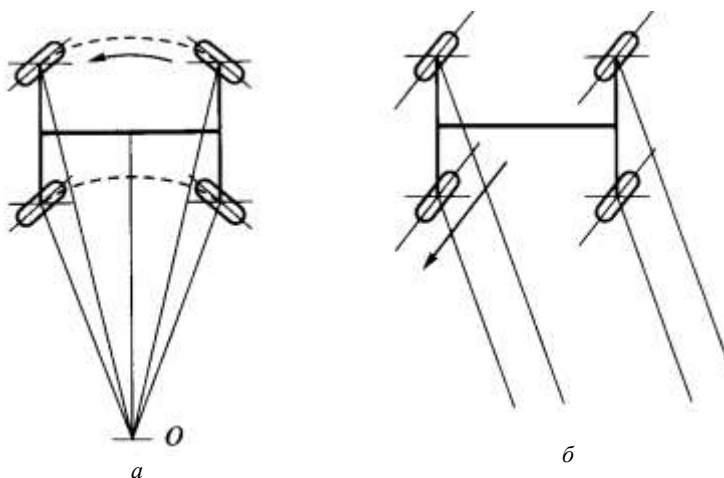


Рисунок А.3. Додаткові можливості маневрування при повороті задніх коліс:
a – поворот з R_{min} відносно центра O ; *б* – «крабовидний» рух

Другий напрямок полягає у використанні рульового керування з приводом, що постійно діє на всі колеса. Такі системи, у свою чергу, можна поділити на дві групи:

- перша група – з «жорсткою» геометрією повороту;
- друга група – з «гнучкою» геометрією повороту.

У системах рульового керування з «жорсткою» геометрією повороту привід на певні колеса, найчастіше на передні, однією або кількома осями залишається традиційним, механічним, а інші

колеса керуються відповідно до обраного закону. Такі системи дають можливість суттєво підвищити маневреність транспортних засобів, зберігаючи стійкість руху на високих швидкостях. Проте слід зазначити також і його недоліки. Термін «жорстка» геометрія говорить сам за себе: системи рульового керування з таким приводом здійснюють незмінний у всіх випадках алгоритм роботи, який визначає однозначний зв'язок повороту всіх коліс автомобіля з кутом повороту рульового колеса незалежно від умов руху.

«Гнучка» геометрія, своєю чергою, характеризується таким алгоритмом роботи системи рульового керування, у якому можна отримати широкий спектр способів повороту автомобіля (рис. А.4). Наприклад, за рахунок тільки передніх або тільки задніх коліс, «крабовидний» рух, поворот відносно середини бази та ін. Для забезпечення функціонування такого керування необхідний автономний силовий привід кожного із коліс і бортовий вичислювач, у функцію якого входить розрахунок параметрів впливу на привід в залежності від необхідної кінематики повороту. Областю застосування таких схем керування в даний час є поки що тільки спеціальна колісна техніка. Так, серійно випускаються спеціальні шасі для перевезення великогабаритних вантажів, установки кранового обладнання фірмами "Cometto" (Італія), "Kato" (Японія), "Liebherr" (Німеччина) та інші.

Система рульового керування багатоопірного транспортного засобу фірми Cometto з гідравлічним приводом керованих коліс наведено на рисунку А.5.



а



б

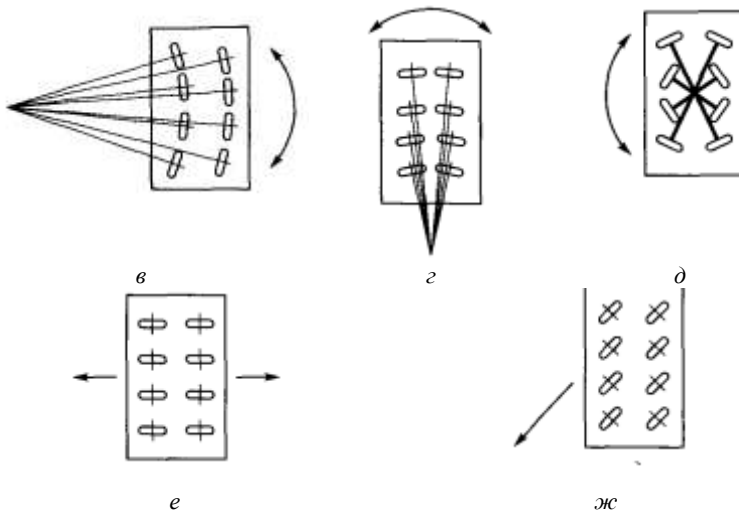


Рисунок А.4. Схеми повороту, які реалізуються рульовим керуванням багатоопірного транспортного засобу «Cometto»:
а – загальний вигляд засобу з рульовим керуванням **1-2-3-4**; *б* – загальний вигляд засобу з рульовим керуванням **1-2-3-4-5-6-7-8**; *в* – «класичний» поворот; *г* – боковий поворот; *д* – центральний поворот; *е, ж* – «крабовий хід»

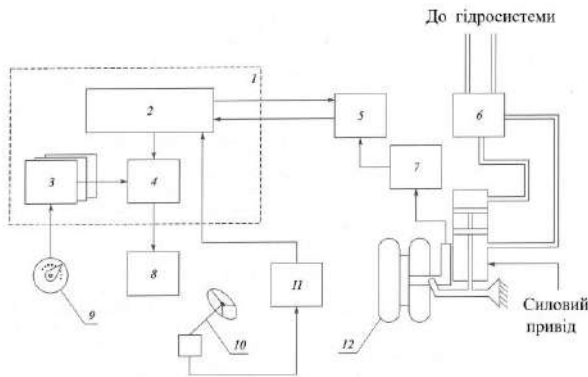


Рисунок А.5 – Система рульового керування транспортного засобу «Cometto»:
1 – бортовий вичислювальний комплекс; *2* – бортовий комп'ютер; *3* – пакет програм; *4* – задавач автомата завантаження штурвала; *5* – підсилювач зворотнього зв'язку; *6* – керуючий золотник; *7* – задавач зворотнього зв'язку; *8* – автомат завантаження штурвала; *9* – селектор відбору схеми повороту; *10* – рульове колесо; *11* – датчик кута поворота рульового колеса; *12* – кероване колесо

У 1990-ті роки у МДТУ ім. М.Е. Баумана спільно з НДІ 21 було створено макетний зразок шасі МЗКТ 79085 (8×8) з усіма керованими колесами, який був здатний здійснювати рух відносно довільного полюса повороту (рис. А.6).



a



б

Рисунок А.6 – Шасі Е79085 з рульовим керуванням **1-2-3-4**:
a – вид збоку; *б* – вид спереду

Поворот коліс на цьому макеті здійснюється стежачим електрогідравлічним приводом. На цьому макеті була реалізована система рульового керування з "гнучкою" геометрією, яка була розроблена на кафедрі «Колісні машини» МДТУ ім. Н.Є. Баумана. У зоні, відповідної малим кутам повороту рульового колеса, тобто руху, близькому до прямолінійного, що, як правило, характерно для високих швидкостей руху, машина має малу чутливість до керування і, отже, високу курсову стійкість руху. При великих кутах повороту рульового колеса маневрені

властивості різко зростають. Основне завдання алгоритму і, розробленої на його основі програми керування, було узгодити між собою кути повороту кожного колеса при обраному способі керування. Цього дозволяє домогтися задавач положення полюса повороту, виконаний таким чином, що є можливість змінювати його положення безперервно, а не дискретно, як, наприклад, у модулів "Cometto" (рис. А.4).

Вибір закону керування такими машинами ґрунтується на результатах великої кількості теоретичних досліджень та практиці зарубіжних та вітчизняних автомобільних фірм. За результатами попередніх досліджень було запропоновано зупинитись на двох варіантах закону керування [17].

У першому варіанті регулювання співвідношення кутів повороту передніх та задніх коліс здійснюється в залежності від кута повороту передніх коліс та швидкості руху. На великій швидкості при малих кутах повороту передніх коліс задні вісі повертаються в ту ж сторону, що і передні колеса (синфазно). У міру збільшення кривизни траєкторії та зменшення швидкості руху колеса задні вісі повертаються у протилежний бік відносно передніх коліс (у протифазі).

Другий варіант відрізняється тим, що регулювання співвідношення кутів повороту передніх та задніх коліс за швидкістю відсутнє.

Додаток Б

Механізм узгодження повороту керованих коліс всеколісного рульового керування

Пропонується система рульового керування з рульовим приводом, який дозволяє здійснювати обличний рух (рух боком, що підвищує можливості маневрування), а також підвищити стійкість руху за рахунок блокування повороту задніх керованих коліс при русі з високою швидкістю, рисунок Б.1.

На рисунку 1 наведена схема рульового керування двовісної машини з гідромеханічним приводом керування. При цьому пропонована система може бути використана і при великій кількості керованих осей [19].

Сутність пропонованої конструкції полягає у тому, що поздовжня тяга механічної частини приводу рульового керування виконана розрізною. При цьому на місце розрізу вставляється механізм узгодження повороту коліс. У даному випадку між переднім та заднім мостом двовісної машини.

Пропонована схема дозволяє здійснювати поворот у трьох режимах:

- поворот передніх і задніх коліс у один бік (обличний рух);
- поворот передніх коліс на різні боки;
- поворот коліс тільки передньої осі.

Узгоджувальний механізм повороту складається з наступних елементів:

- передня частина поздовжньої тяги *б*;
- коромисло *7*;
- вісь коромисла *8*;
- паз вигнутий *9*;
- палець *10*;
- задня частина поздовжньої тяги *11*.

Порядок взаємодії між елементами схеми рульового керування наступний.

Для забезпечення руху машини з мінімальним радіусом повороту палець *10* встановлюється у точці *А* (на схемі показано пунктиром).

6 і 11 переміщуються в одному напрямку уздовж корпусу машини, а керовані колеса передніх і задніх мостів повертаються на різні боки (якщо передні повертаються на кути $+\Theta_{пер.}$, то задні повертаються на кути $-\Theta_{зад.}$ і навпаки).

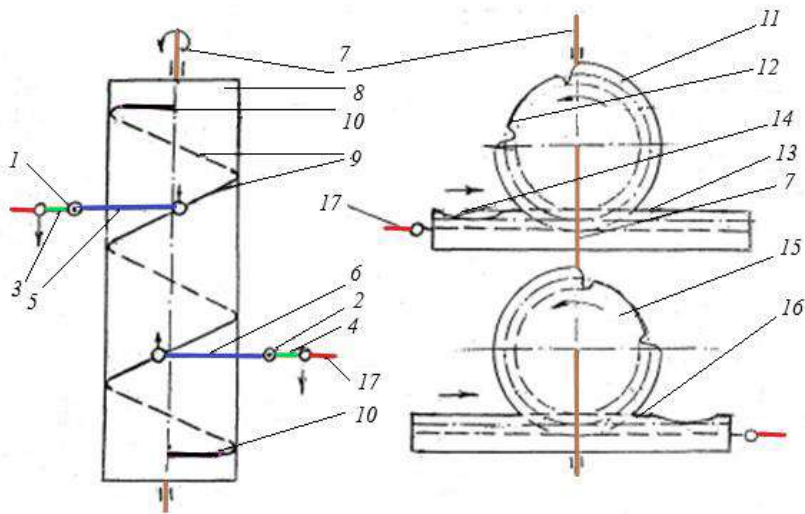
Для здійснення обличного руху палець 10 по секторному пазу 9 переводиться в положення В (положення задньої частини поздовжньої тяги для цього випадку також показано пунктиром). При повороті рульового колеса обертання через рульовий механізм передається до рухомої частини розподільника керування поворотом передніх керованих коліс 4, який відкриває гідравлічні магістралі до гідроциліндра повороту передніх керованих коліс. Шток гідроциліндра 5, переміщуючи передню поздовжню тягу 6, повертає коромисло 7 навколо осі 8, при цьому задні керовані колеса повертаються в одну сторону з передніми (якщо передні керовані колеса повертаються на кути $+\Theta_{пер.}$, то задні повертаються на кути $-\Theta_{зад.}$, і навпаки).

Для забезпечення високошвидкісного стійкого руху палець 10 встановлюється в середній точці С коромисла 7. При цьому в повороті братимуть участь тільки передні керовані колеса, оскільки переміщення передньої частини тяги 6 призводить тільки до обертання коромисла навколо точки С, при цьому переміщення задньої частини поздовжньої тяги 11 не відбувається.

Додаток В

Подвійний рульовий механізм з зупинкою для автомобіля з усіма керованими колесами

Пропонується пристрій рульового механізму, який забезпечує зменшення радіусу повороту та рух автомобіля боком по заданому закону [20]. В основу пристрою покладено можливість продовження керуючих рухів на привідних деталях подвійного рульового механізму за умовами зупинці переміщення одного з них. Такий підхід обумовлює зміну законів переміщення керованих коліс, тобто, якщо одне колесо здійснило поворот на деякий кут θ_i і зупинилося, то інше колесо буде продовжувати повертатися на іншій деякий кут θ_j .



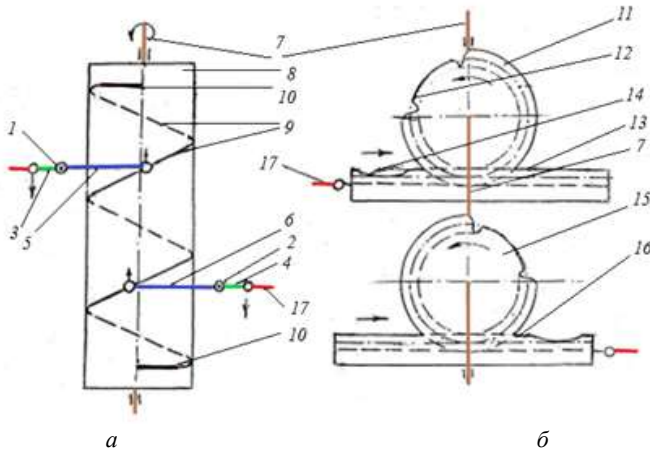


Рисунок В.1 – Схема подвійного рульового механізму:

a – з кривошипною передачею; *б* – з рейковою передачею; 1, 2 – вал;
 3, 4 – сошка; 5, 6 – кривошип; 7 – нижній вал; 8 – подвійний черв'як;
 9 – гвинтова лінія; 10 – пряма лінія; 11, 15 – шестерня; 12 – затворна дуга;
 13, 16 – рейка; 14 – коротка дуга; 17 – тяга

При цьому конструкція подвійного рульового механізму може бути виконана у двох варіантах – з кривошипною або з рейковою передачею, рисунок В.1.

Подвійна кривошипна передача із зупинками веденої ланки, виконана з наступних елементів (рис. 1 *a*):

- два вали 1 і 2;
- дві сошки 3 і 4;
- однопальцеві кривошипи 5 і 6;
- нижній рульовий вал 7;
- подвійний черв'як 8 з однією гвинтовою 9 та двома прямими 10 лініями насічки на кінцях.

Робота рульового механізму з кривошипною передачею полягає у наступному.

Нижній рульовий вал 7, безперервно обертає подвійний черв'як 8, який входить в зачеплення з пальцем кривошипів 5 і 6, де при знаходженні пальців кривошипа на гвинтовій лінії 9 здійснюється поворот кривошипів 5 і 6 з сошками 3 і 4. При знаходженні пальця кривошипа 5 на прямій лінії 10 відбувається

зупинка кривошипа 5, а площина лівого переднього керованого колеса буде перпендикулярна поздовжній осі автомобіля. При цьому кривошип 6 разом з сошкою 4 буде продовжувати поворот до того часу, коли площина правого керованого колеса не стане паралельно площині лівого керованого колеса. Рух кривошипів задніх керованих коліс принципово ідентичний.

Рейкова передача з зупинками веденої ланки, виконана із наступних елементів (рис. В.1 б):

- перша пара передачі у складі:
 - шестерня 11 з неповними зубцями нормального профілю та виступом у вигляді довгої затворної дуги 12;
 - зубчата рейка 13 з виїмкою у вигляді короткої дуги 14;
- нижній рульовий вал 7;
- друга пара передачі у складі:
 - шестерня 15;
 - зубчата рейка 16;
- тяга рульового приводу 17.

Робота рульового механізму з рейковою передачею полягає у наступному.

Нижній рульовий вал 7 безперервно обертає шестерню 11, яка знаходиться в зачепленні з зубцями рейки 13. Рейка 13 переміщується до того моменту, доки довга затворна дуга не ввійде повністю в виїмку з короткою дугою 14 зубчатої рейки 13, чим зафіксує зупинку, а площа лівого переднього керованого колеса буде перпендикулярна подовженій осі автомобіля. При цьому шестерня 11 продовжує обертатися вхолосту, а шестерня 15 буде переміщувати зубчату рейку 16 до того часу, доки площина правого керованого колеса не стане паралельно площині лівого керованого колеса.

Додаток Г

Автомобілі (спеціальні машини) з неповоротними колесами



Рисунок Г.1 – Амфібійний вантажний транспортер Террапін Mk.I (Великобританія, фірма Morris). Виробництво 1943–1944 (500 од). Двигун – 2 x Ford V8, $N_e=190$ л.с. (140 кВт). Мінімальний радіус повороту $R_{min}=2,32$ м. Максимальна швидкість $V_{max}=24$ км/год (по воді 8 км/год). Маса автомобіля $m_a=7$ т.



Рисунок Г.2 – «Луноход-1» (Апарат 8ЕЛ № 203). НПО Лавочкина (головне підприємство), ВНІ Трансмаш (шасі апаратів, що спускаються – 1963 рік). Маса об'єкта $m_a=756$ кг.



Рисунок Г.3 – Колісна броньована машина AMX-10RC AVHVS GIAT з системою рульового керування 0=0=0 (Франція, розробка 1970 року). Двигун Hispano-Suiza HS-115 багатопаливний (1981–1985); Baudouin Diesel Model 6F11 SRX (поточний) HS-115: 250 hp (186 kW). Максимальна швидкість $V_{max}=85$ км/год. Маса машини $m_a=15,8$ т.



Рисунок Г.4 – Відкритий всюдихід-амфібія Solo 750 німецької компанії Solo Kleinmotoren GmbH (1971–1981). Максимальна швидкість $V_{max}=48$ км/год. Двигун – одноциліндровий $V_h=0,43$ л, $N_e=15$ кВт. Маса автомобіля $m_a=0,45$ т.

Додаток Д

Система примусового керування поворотом кар'єрного самоскида БелАЗ-7513В

Система примусового керування поворотом (рис. Д.1 а), складається з електронного блоку керування (блоку стеження за швидкістю руху та блок розрахунків) і додаткової датчикової апаратури [22]:

- двох датчиків швидкостей передніх керованих коліс;
- двох кінцевих вимикачів;
- датчика потенціометричного типу.

Вхідними параметрами для роботи системи примусового керування поворотом кар'єрного самоскида є:

- кутові швидкості передніх керованих коліс, що визначаються датчиками швидкостей, які встановлені у маточинах коліс самоскида;

- кутові швидкості задніх ведучих коліс, що визначаються датчиками частоти обертання тягових електродвигунів;

- швидкість руху кар'єрного самоскида, яка розраховується на основі даних датчиків швидкостей передніх керованих коліс;

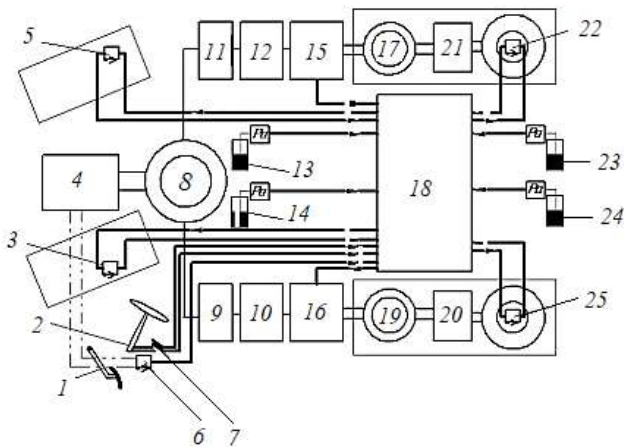
- кут повороту передніх керованих коліс, що визначається по замиканню контактів кінцевих вимикачів, установлених у рульовому механізмі, у крайніх положеннях рульового колеса;

- положення педалі ходу при виконанні маневрів, яке фіксується датчиком потенціометричного типу;

- відсутність гірничої маси, що перевозиться, у кузові самоскида, що фіксується датчиками тиску циліндрів підвіски.

За сигналами датчиків швидкостей передніх коліс розраховується швидкість руху кар'єрного самоскида на повороті. Блок розрахунків складається із блоку контролю за буксуванням та блоку виконання повороту.

Оскільки застосування динамічного способу керування спрямовано на підвищення маневрування, то разом з кінематичним (зміна кута повороту керованих коліс) способом це обумовлює реалізацію комбінованого способу повороту.



a



б

Рисунок Д.1 – Структурна схема (а) системи примусового керування поворотом для кар'єрного самоскида БелАЗ-7513В (б):

- 1 – педаль ходу; 2 – рульова колонка; 3, 5, 22, 25 – датчики кутових швидкостей; 4 – дизель; 6 – датчик педалі ходу; 7 – кінцеві вимикачі; 8 – тяговий генератор; 9, 11 – випрямлячі; 10, 12 – установки вентиляваних гальмівних резисторів; 13, 14, 23, 24 – датчики циліндрів підвіски; 15, 16 – інвертори; 17, 19 – тягові електродвигуни; 18 – електронний блок керування; 20, 21 – редуктори мотор-коліс

За результатами експериментальних досліджень було встановлено наступне. При виконанні маневру кар'єрним самоскидом без активації системи примусового керування поворотом середнє значення мінімального радіуса, отримане за

результатами трьох вимірювань, на маневровій площадці становило 13,40 м, на промисловій – 13,12 м. У той же час, мінімальний радіус повороту при активованій системі на маневровій площадці становив 11,30 м, що менше на 2,12 м (15,8%), на промисловій площадці – 9,30 м, що менше на 3,82 м (29,1%) [22].

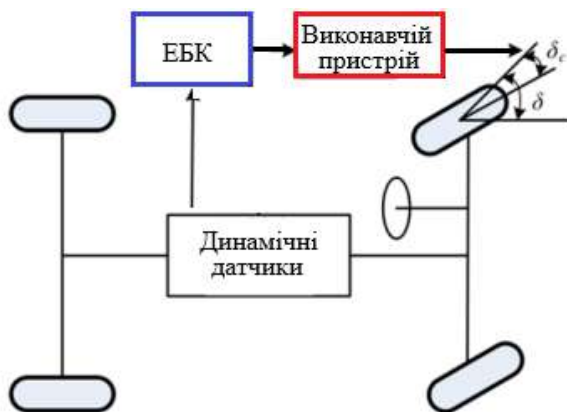
Додаток Е

Активне рульове керування

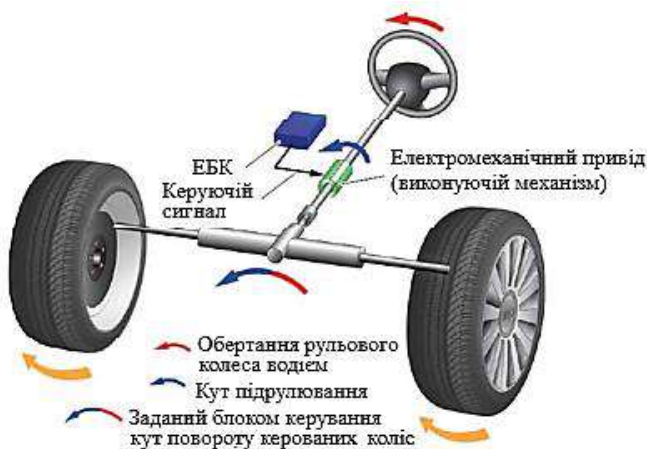
Активне рульове керування (Active Front Steering, AFS) – система рульового керування транспортним засобом (легковим автомобілем), яка призначена для:

- зміни передавального відношення рульового механізму залежно від швидкості руху автомобіля;
- коригування кута повороту передніх коліс при проходженні поворотів та гальмуванні на слизькому покритті.

Основним елементом системи AFS є планетарна передача, яка включена у рульову колонку, а електродвигун, який входить до складу системи змінює кут повороту передніх коліс за рахунок зміни кутового передавального числа рульового механізму в залежності від швидкості руху автомобіля. Загальна схема наведена на рисунку Е.1 [23,24].



a



б

Рисунок Е.1 – Загальна схема системи AFS:

- a* – загальна схема взаємодії основних елементів: δ – кут повороту керованого колеса; δ_c – доданий кут виконавчим пристроєм;
б – компоновання основних елементів конструкції

Система AFS є спільною розробкою фірм Bosch та ZF. В даний час система встановлюється на більшість моделей автомобілів BMW як опція і є фірмовим атрибутом цієї марки. Система AFS під час роботи взаємодіє з іншими системами, зокрема із гідравлічним підсилювачем рульового керування Servotronic, системою динамічної стабілізації DSC.

Активне рульове керування почало встановлюватися на автомобілі BMW 5-ої серії з моделі E60, рисунок Е.2. Вперше активне рульове керування було встановлено в 2003 році.

Конкурентними перевагами даної системи є забезпечення більш високої маневреності автомобіля, підвищення комфорту та безпеки під час його експлуатації [25].

Більш висока маневреність досягається наступним. При середніх швидкостях (близько 100 км/год) автомобіль завдяки більшому передавальному відношенню рульового керування сприймається ще більш маневреним і керованим. Водій при маневрах набагато краще контролює автомобіль в поєднанні з

помітно збільшеною точністю рульового керування і зниженням зусиль при повороті рульового колеса.



Рисунок Е.2 – Автомобіль BMW 5-ої серії моделі Е60 (2003 – 2010 роки випуску).

Підвищення ступеня комфорту обумовлюється наступним. Для повного повороту коліс з крайнього лівого положення в крайнє праве моделі автомобілів BMW вимагають більше трьох повних обертів рульового колеса. Активне рульове керування зменшує кількість повних обертів рульового колеса при низькій швидкості руху до 2-ох обертів і менше. Перевага у наступному: менше зусиль при обертанні рульового колеса для поворотів в міському потоці транспорту або при маневруванні в вузьких місцях на стоянці. Крім того, при русі з великою кількістю поворотів, на звивистих дорогах, завдяки невеликому куту повороту рульового колеса руки завжди залишаються на ньому в оптимальному положенні. Перехоплення або навіть перехрещення рук стає зайвим. Багатофункціональні клавіші на рульовому колесі в будь-якій ситуації залишаються оптимально досяжними. Так, для порівняння на BMW E60 при звичайному рульовому керуванні для повороту рульового колеса з одного крайнього положення в інше необхідно зробити близько 3,2 обороту, при активному – близько 1,8 обороту.

Підвищення безпеки експлуатації полягає у наступному. При високій швидкості руху автомобіля змінене передавальне відношення забезпечує підвищення стійкості автомобіля при прямолінійному русі (наприклад, на автомагістралях) в порівнянні зі звичайним рульовим керуванням. У той же час

регулювання швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі дозволяє домогтися стійкості автомобіля при його надмірної обертальності. Якщо автомобіль, наприклад, при проходженні поворотів демонструє надмірну обертальність, то регулювання швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі може відкоригувати кут повороту передніх коліс. Таким чином, система AFS в подібній дорожній ситуації підтримує систему динамічного контролю стабільності (DSC). Якщо стабілізації за рахунок рульового керування із системою AFS недостатньо, тоді втручається DSC.

Система AFS має такий загальний пристрій, рисунок Е.3 [25]:

- планетарний редуктор 9;
- електронна система керування.

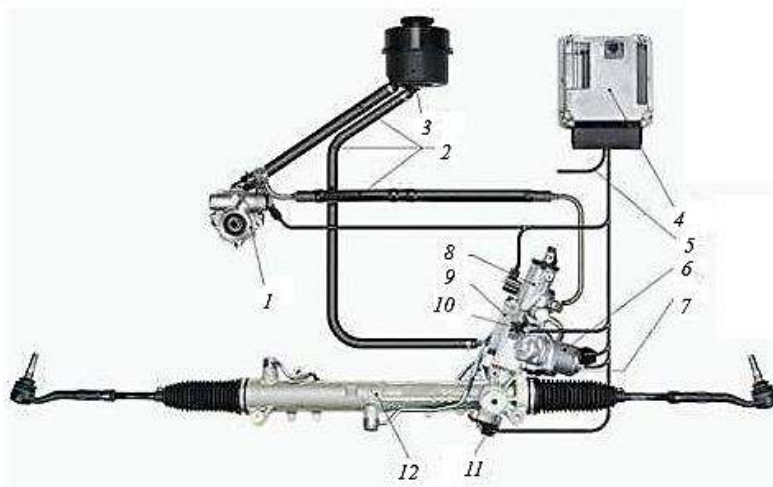


Рисунок Е.3 – Активне рульове керування:

- 1 – насос гідравлічного підсилювача рульового керування; 2 – шланги;
- 3 – бачок для робочої рідини; 4 – ЕБК; 5 – шина обміну даними;
- 6 – електродвигун; 7 – датчик кута повороту електродвигуна; 8 – клапан системи Servotronic; 9 – планетарний редуктор; 10 – аварійний фіксатор;
- 11 – датчик сумарного кута повороту; 12 – рульовий механізм

Планетарний редуктор 9 призначений безпосередньо для зміни швидкості обертання рульового валу. Він встановлюється

на рульовому валу 6, рисунок Е.4. Планетарний редуктор складається з наступних елементів конструкції, рисунок Е.4:

- сонячна шестерня (на рисунку Е.4 не позначено);
- блок сателітів 4;
- епіциклічна шестерня 12 (рисунок Е.4 В1).

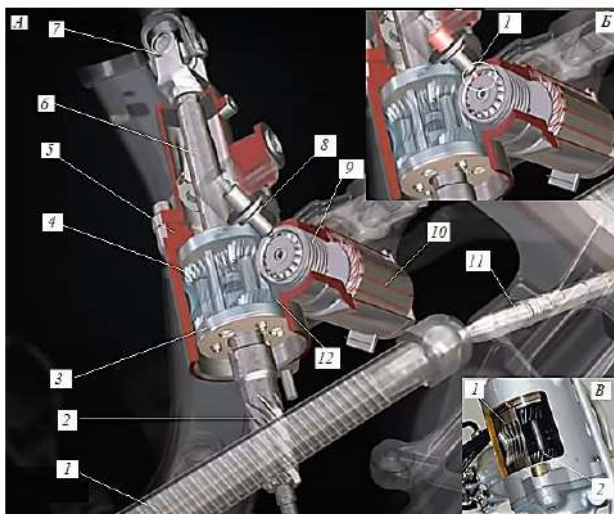


Рисунок Е.4 – Планетарний редуктор системи AFS:

А – відсутність блокування планетарного механізму: 1 – рейка рульового механізму; 2 – шестерня рульового механізму; 3 – водило планетарного механізму; 4 – подвійні сателіти; 5 – корпус редуктора; 6 – рульовий вал; 7 – карданний шарнір рульової колонки; 8 – аварійний фіксатор; 9 – черв'як; 10 – якір електродвигуна; 11 – тяга рульова; 12 – епіциклічна шестерня; *Б* – блокування електроприводу: 1 – з'єднання штифта з валом; *Б* – розріз корпусу редуктора: 1 – епіциклічна шестерня; 2 – подвійні сателіти

На вході у редуктор рульовий вал з'єднаний із сонячною шестернею, на виході – із блоком сателітів.

Епіциклічна шестерня має можливість обертання. При нерухомій шестерні передавальне число планетарного редуктора дорівнює одиниці і рульовий вал передає обертання без зміни величини кута обертання. Обертання епіциклічної шестерні в один або інший бік дозволяє збільшити або зменшити кутове передавальне число планетарної передачі, чим досягається зміна

кутового передавального відношення рульового механізму i_M . Обертання епіциклічної шестерні забезпечує електродвигун 6 (рисунок Е.3, якір 10 електродвигуна на рисунку Е.4, який з'єднаний з її зовнішньою стороною (рисунок Е.4 поз. В1) за допомогою черв'ячної передачі (черв'як 9 на рисунку Е.4).

Для реалізації функцій системи активного рульового керування створено електронну систему керування, яка включає такі елементи:

- вхідні датчики;
- ЕБК;
- виконавчі пристрої.

Вхідні датчики призначені для вимірювання параметрів роботи системи та перетворення їх на електричні сигнали. Система AFS у своїй роботі використовує такі датчики:

- датчик робочого стану електродвигуна;
- датчик сумарного кута повороту валу рульового механізму;
- датчик кута повороту рульового колеса;
- датчики системи динамічної стабілізації (швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі та вертикального прискорення).

Датчик сумарного кута повороту валу рульового механізму може не встановлюватися, у цьому випадку кут розраховується віртуально на підставі інших сигналів датчиків.

ЕБК приймає сигнали від датчиків, обробляє їх і відповідно до закладеного алгоритму формує керуючі дії на виконавчі пристрої.

ЕБК має з'єднання та здійснює взаємодію з блоками керування інших систем автомобіля:

- системою Servotronic;
- системою динамічної стабілізації DSC;
- системою керування двигуном;
- системою доступу до автомобіля.

Виконавчими механізмами системи AFS є:

- електродвигун;
- сигнальна лампа на панелі приладів.

Електродвигун забезпечує обертання епіциклічної шестерні планетарного редуктора. Електродвигун обладнано аварійним електромагнітним фіксатором 8 (рисунок Е.4), що блокує

черв'ячну передачу. У вихідному положенні передачу заблоковано. При подачі струму на електродвигун спрацьовує електромагніт, і фіксатор, долаючи зусилля пружини, звільняє ротор електродвигуна (рисунок Е.4 поз. Б1) При виникненні несправності в системі AFS припиняється подача струму на електродвигун, фіксатор блокує черв'ячну передачу.

Виникнення несправностей у системі супроводжується спрацюванням сигнальної лампи на панелі приладів. На інформаційному дисплеї з'являється повідомлення системи самодіагностики.

Принцип роботи системи AFS полягає у наступному. Система активується під час запуску двигуна. Робота системи полягає у зміні кутового передавального відношення рульового механізму u_M в залежності від швидкості та умов руху автомобіля.

При здійсненні маневрів на низькій швидкості відповідно до сигналу датчика кута повороту рульового колеса вмикається електродвигун. Електродвигун через черв'ячну пару передає обертання на епіциклічну шестерню планетарного редуктора. Обертання шестерні в певному напрямку з максимальною швидкістю забезпечує найменше передавальне відношення рульового механізму $u_M \rightarrow \min$, яке досягає значення 1:10. При цьому рульове керування стає гострим, тобто зменшується кількість обертів рульового колеса від упору до упору, чим досягається високий комфорт в керуванні автомобілем.

Зі зростанням швидкості руху виконання поворотів супроводжується зменшенням частоти обертання електродвигуна, відповідно збільшується передавальне відношення рульового механізму. На швидкості 180-200 км/год передавальне відношення досягає оптимального значення 1:18. Електродвигун при цьому перестає обертатися. Обертальний рух від рульового колеса передається на рульовий механізм безпосередньо, без змін.

З подальшим зростанням швидкості руху автомобіля електродвигун знову вмикається, при цьому обертання якоря проводиться у протилежний бік. Передавальне відношення рульового механізму $u_M \rightarrow \max$, і може досягати величини 1:20. При цьому передавальному відношенні рульове керування має найменшу гостроту, тобто збільшується кількість обертів

рульового колеса від упору до упору, і тим самим забезпечується безпека маневрування на високих швидкостях.

Якщо при проходженні повороту фіксується надмірна поворотність автомобіля (втрата зчеплення задніх коліс з дорогою), система AFS на підставі сигналів датчиків системи DSC самостійно коригує кут повороту передніх коліс. Внаслідок чого зберігається курсова стійкість автомобіля. У випадку, коли система AFS не може повністю забезпечити стійкість автомобіля, підключається система динамічної стабілізації.

Аналогічним чином система AFS стабілізує рух автомобіля при гальмуванні на слизькому покритті, чим досягається підвищення ефективності антиблокувальної системи гальм ABS і скорочення гальмівного шляху. Система AFS постійно увімкнена і не має можливості відключення.

Додаток Ж

Електромеханічне рульове керування автомобілів Audi A3, Volkswagen Touran

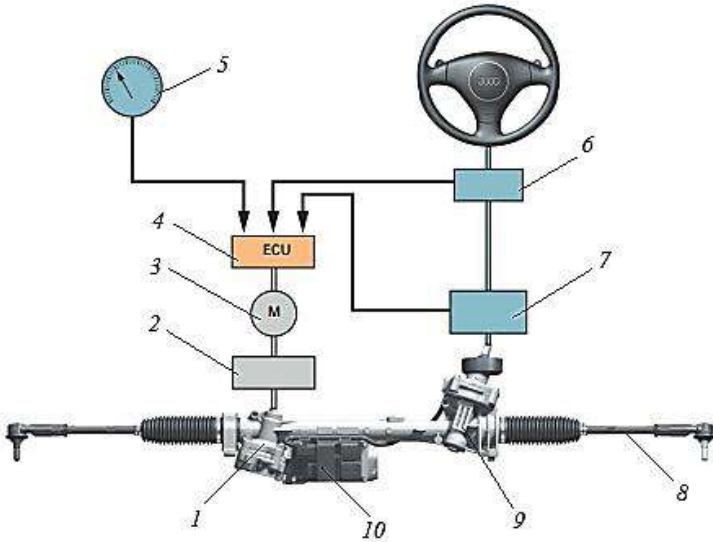
Підсилювач рульового керування, в якому використовується електричний привід, фірмою Audi вперше був застосований на автомобілі Audi A3 моделі 2004 року, рисунок Ж.1 *a*. При цьому використано систему електромеханічного підсилювача (EPS – electrical power steering) з двома шестернями. Підсилювач діє на рейку рульового механізму через шестерню 1, яка встановлена паралельно з основною шестернею 9. Шестерня 1 підсилювача приводиться від електродвигуна 10. Переданий на основну шестерню 9 крутний момент вимірюється призначеним для цього датчиком 7. Величина крутного моменту, яка розвивається підсилювачем визначається ЕБК залежно від моменту на рульовому колесі, швидкості руху автомобіля, кута повороту коліс, швидкості повороту рульового валу та інших даних, що передаються до нього. Компонування елементів конструкції рульового керування наведено на рисунку Ж.1 *б* [26].

До переваг електромеханічного підсилювача відносяться:

- зниження витрати пального на 0,1–0,2 л/100 км за рахунок включення підсилювача лише за потребою;
- простота регулювання підсилювача в залежно від швидкості автомобіля, ефективне демпфування переданих з коліс зусиль із забезпеченням оптимальної реакції на рульовому колесі;
- мала чутливість до ударів, що виникають при переїзді нерівностей дороги;
- зниження числа модифікацій підсилювача до двох (для автомобілів з правим та з лівим кермом), тому що його функціональні можливості змінюються відповідним програмуванням;
- реалізація активного повернення коліс у середнє становище;
- низький рівень шуму, що передається в салон автомобіля.



a



б

Рисунок Ж.1 – Рульове керування автомобіля Audi А3:
a – загальний вид автомобіля ; *б* – компоновання елементів електромеханічного підсилювача: 1 – шестерня підсилювача; 2 – черв’ячна передача; 3 – асинхронний двигун; 4 – ЕБК; 5 – показник швидкості автомобіля;
 б – датчик кута повороту рульового валу (кут повороту, швидкість повороту); 7 – датчик моменту на рульовому валу; 8 – тяга рульова; 9 – шестерня рульового механізму; 10 – електродвигун

Принцип дії електромеханічного підсилювача наведений на рисунках Ж.2 та полягає у наступному.

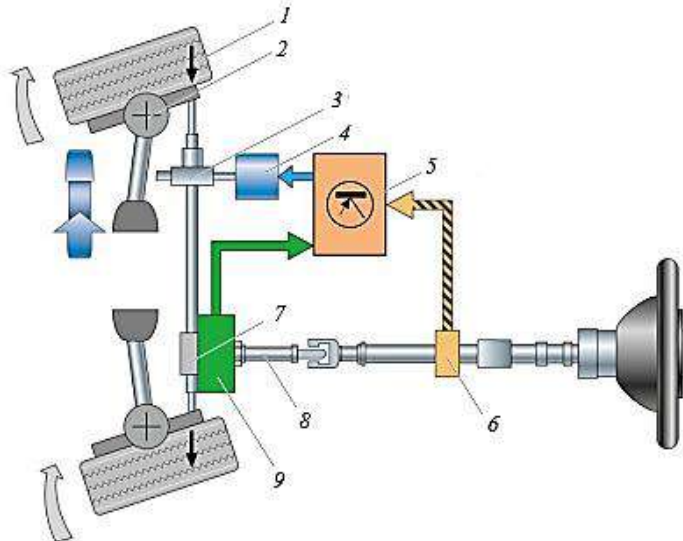


Рисунок Ж.2 – Взаємодія елементів конструкції рульового керування з електромеханічним підсилювачем:

- 1 – дія зовнішніх реактивних сил; 2 – вісь повороту рульового колеса;
- 3 – шестерня підсилювача; 4 – електродвигун; 5 – ЕБК; 6 – датчик кута повороту рульового колеса;
- 7 – шестерня рульового механізму; 8 – торсіон; 9 – датчик моменту на рульовому колесі

Водій повертає рульове колесо, прикладаючи до нього певний крутний момент. Під впливом цього моменту закручується торсіон 8. Датчик моменту 9 вимірює величину його закрутки та спрямовує відповідний сигнал на вхід ЕБК. При цьому із датчика 6, що розміщується біля рульового колеса надходять сигнали, що відповідають моментальному куту повороту рульового колеса і швидкість його повороту. ЕБК розраховує крутний момент, який має розвивати двигун 4

підсилювача в залежності від моменту на рульовому колесі, швидкості автомобіля, частоти обертання валу двигуна, кута та швидкості повороту рульового валу, а також з урахуванням записаних у пам'яті характеристик, рисунок Ж.б. Розрахована таким чином величина служить для керування електродвигуном підсилювача. Переміщення рейки рульового механізму відбувається під дією сумарного зусилля, яке створюється як в результаті перетворення крутного моменту на рульовому колесі, так і моменту двигуна підсилювача.

Якщо водій перестав обертати рульове колесо або відпустив його, торсіон 8 повністю розкручується. При цьому момент на шестерні 7 рульового механізму знижується до нуля.

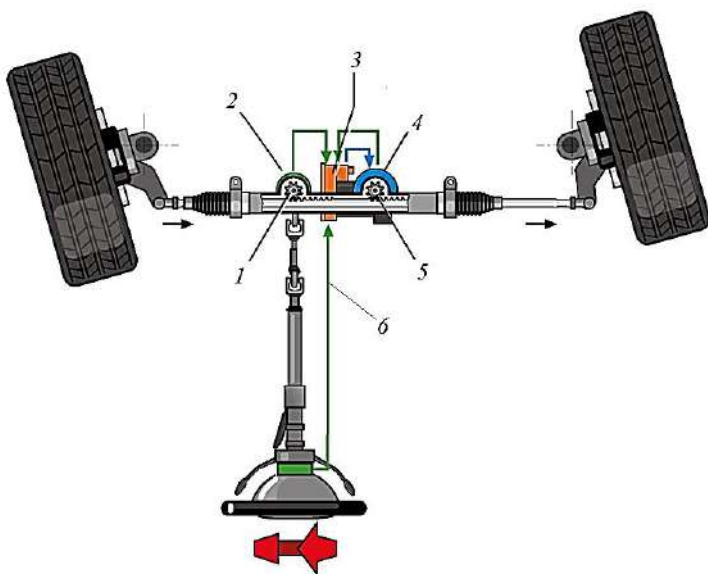
Зважаючи на певну геометрію підвіски при повороті коліс виникають реактивні зусилля, які прагнуть повернути їх у вихідне положення. Зазвичай ці сили настільки малі, що не можуть подолати сили тертя у механізмах рульового керування та повернути колеса в середнє положення. Ця ситуація розпізнається ЕБК за сигналом датчика б кута повороту рульового валу. ЕБК розраховує крутний момент, який має розвивати двигун 4 підсилювача для повороту коліс автомобіля в середнє становище. Величина цього моменту залежить від моменту на рульовому колесі, швидкості автомобіля, частоти обертання валу двигуна, кута та швидкості повороту рульового валу. Ця величина визначається з урахуванням записаних у пам'яті ЕБК характеристик. В результаті включається двигун підсилювача 4, який повертає колеса автомобіля у середнє становище. При цьому максимальний момент на шестерні 3 підсилювача обмежується величиною 25 Н·м.

При відключеній або несправній акумуляторній батареї та працюючому двигуні ЕБК бортовою мережею забезпечує живлення електромеханічного підсилювача від генератора. При необхідності здійснюється відключення певних споживачів електроенергії, які мають нижчий пріоритет підключення до мережі. При відключенні підсилювача внаслідок системної несправності рульове керування повністю зберігає свою працездатність, а автомобіль – керованість.

Компонування елементів конструкції електромеханічного підсилювача рульового керування автомобіля Volkswagen Touran наведено на рисунках Ж.3–Ж.5 [27].

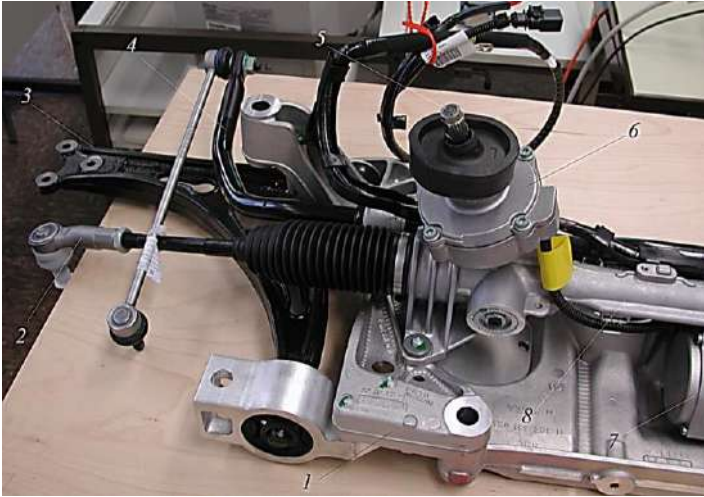


a



б

Рисунок Ж.3 – Рульове керування автомобіля Volkswagen Touran:
a – загальний вид автомобіля; *б* – компонування елементів електромеханічного підсилювача: 1 – шестерня рульового механізму; 2 – датчик обертового моменту на валу рульового колеса; 3 – ЕБК; 4 – електродвигун; 5 – шестерня валу електродвигуна; 6 – ведуча передача електричного сигналу



a

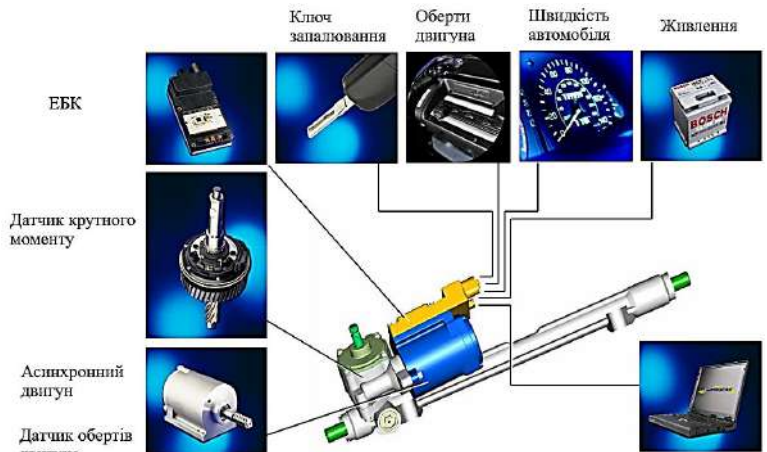


б

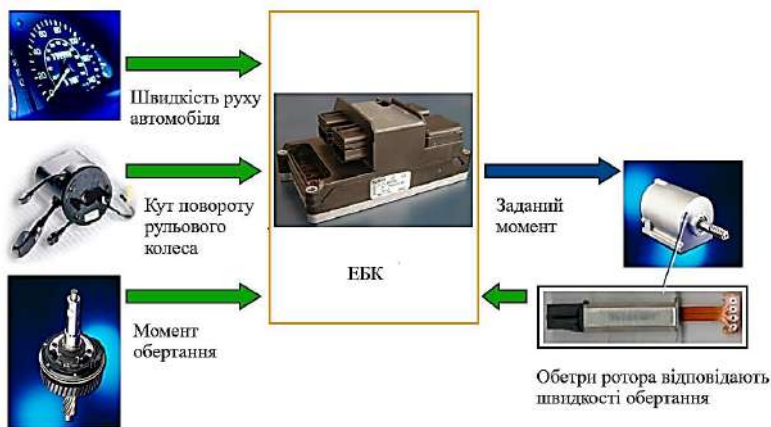
Рисунок Ж.4 – Елементи конструкції підвіски та рульового керування автомобіля Volkswagen Touran:

- a* – кріплення корпусу рульової рейки: 1 – опорна плита; 2 – наконечник рульової тяги; 3 – важіль підвіски; 4 – стабілізатор поперечної стійкості; 5 – хвостовик; 6 – корпус датчика обертового моменту; 7 – корпус електродвигуна; 8 – корпус рульової рейки;
- б* – корпус рейки з електродвигуном: 1 – якір електродвигуна; 2 – кріплення рульового механізму; 3 – корпус шестерні електродвигуна; 4 – корпус рейки; 5 – корпус шестерні рульового механізму; 6 – хвостовик; 7 – ЕБК; 8 – шестерня підсилювача

За основними елементами конструкції, їх порядку взаємодії електромеханічний підсилювач аналогічній електромеханічному підсилювачу попередньо розглянутої конструкції. Додаткове зусилля від електродвигуна передається на рейку рульового механізму.



a



b

Рисунок Ж.5 – Складові системи обробки сигналів:
a – загальний вид; *b* – обробка сигналів ЕБК

Вибір моменту підсилення в залежності від швидкості руху автомобіля здійснюється за відповідною залежністю, яка прописана та зберігається у пам'яті ЕБК, рисунок Ж.5.

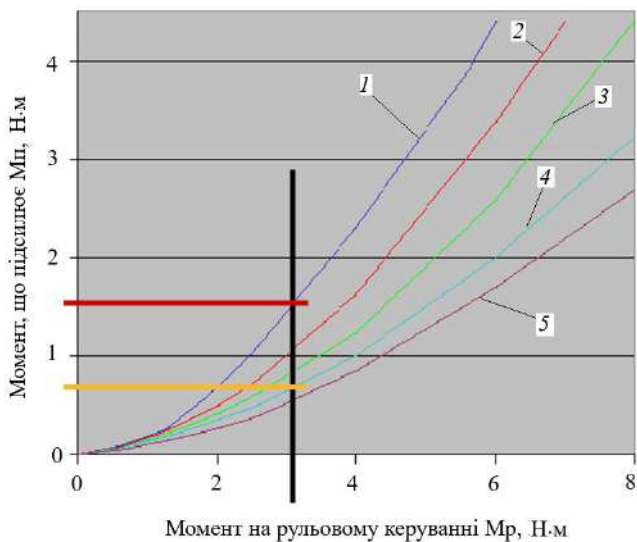


Рисунок Ж.5 – Залежність моменту підсилення від моменту на рульовому колесі при швидкостях руху автомобіля:
1 – $V=0$ км/год; 2 – $V=15$ км/год; 3 – $V=50$ км/год;
4 – $V=100$ км/год; 5 – $V=150$ км/год

Навчальне видання

КУБІЧ Вадим Іванович

**КОНСТРУКЦІЇ РУЛЬОВОГО
КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ**

Навчальний посібник

Дизайн обкладинки: *Кубіч В. І.*
Технічний редактор: *Білостоцька А. О.*
Комп'ютерний набір: *Білостоцька А. О.*
Комп'ютерна верстка: *Гринь Д. В.*

Оригінал-макет підготовлено
в редакційно-видавничому відділі НУ «Запорізька політехніка»

Підписано до друку 08.11.2023 Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 13,13.
Тираж 100 прим. Зам. № 876.

Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.