

РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ СУЧАСНИХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Шевченко І.О., к.т.н., доц., Кулаков Ю.М., ст. викл.,
Станіславенко А.В., магістрант

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Розглянуто конструктивні особливості рульових управлінь сучасних вантажних автомобілів Mercedes-Benz з додатковою керованою віссю і з електрогідролічним підсилювачем керма.

Вступ. Вантажні автомобілі призначені для перевезення вантажів різного призначення. На сучасному ринку вантажних автомобілів в Україні найбільш затребувані вантажні автомобілі КрАЗ-6511 СЧ в складі автопоїзда, автомобілі загального призначення Мінського автозаводу (МАЗ) та спеціалізовані Mercedes-Benz та MAN (Германія).

Ефективна експлуатація сучасних вантажних автомобілів багато в чому визначається знанням їх конструкції, особливо елементів, що визначають їх ефективність та безпеку руху.

До таких елементів автомобіля відноситься рульове управління, що забезпечує його маневреність при різних умовах і режимах руху.

Мета дослідження. Передбачає аналіз конструкцій рульових керувань сучасних вантажних автомобілів в напрямку підвищення їх маневреності.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Основній експлуатаційній властивості автомобіля щодо забезпечення стабільності його маневреності присвячено значну кількість робіт [1 - 5]. Аналіз даних робіт дозволив скласти структуру маневреності вантажного автомобіля як складної його експлуатаційної властивості (рис. 1).



Рис. 1 – Структура властивостей маневреності автомобіля

Слід зазначити відмінності в формуванні визначення маневреності в роботі різних авторів, зокрема керованості автомобіля. Найбільш чітко визначення керованості було дано Закіним Я. Х. У його працях керованість - це властивість автомобіля рухатися по траєкторіях різної кривизни в результаті дії водія на рульове колесо і через рульовий привід на керовані колеса. Керованість одиночного автомобіля і автопоїзда істотно залежить від таких конструктивних факторів як легкість управління, ступінь поворотності і стійкості руху.

Поворотність автомобіля визначається його властивістю відхилитися в результаті уводу від напрямку руху, що визначається положенням керованих коліс. При цьому при врахуванні радіуса повороту визначається статична поворотність автомобіля, якщо ж оцінюється швидкість повороту, то надається можливість оцінити його динамічну поворотність.

Якщо поворотність автомобіля проявляється незалежно від зовнішніх обмежень на опорній поверхні і істотно залежить від таких конструктивних параметрів як габаритні розміри, компоновання (довжина бази, передній-задній звіси, ширина), граничний радіус повороту, то вписуваність враховує обмеження на опорній поверхні. Таким чином, вписуваність - властивість автомобіля, що забезпечує відповідність його габаритної смуги криволінійного руху зовнішнім обмеженням на опорній поверхні. При наявності причіпних ланок у автопоїздів існує внутрішня вписуваність в габаритну смугу або в колеса ведучого тягача при їх криволінійному русі.

В аналізованих роботах відзначено, що на маневреність вантажних автомобілів істотно впливають конструктивні особливості рульових керувань. Це особливо важливо для сучасних вантажних автомобілів [6].

Результати дослідження. Компоновання вантажних автомобілів, причепів, напівпричепів пов'язано в основному з кількістю вісей і виконанням вантажного простору. Чим більше маса вантажу (або спеціального обладнання) яке необхідно перевозити, тим більше число вісей повинен мати вантажний автомобіль (рис. 2).

Найчастіше поворот автомобілів здійснюється повертанням керованих коліс у горизонтальній площині (рис. 3, а). Деякі автомобілі, найчастіше повнопривідні, виготовляють з усіма керованими колесами. Напрямок руху такої машини змінюють двома способами: або передні і задні колеса повертають у різні боки (рис. 3, б) і машина рухається по колу, центр О якого знаходиться на перетині осей обертання коліс; або усі колеса повертають в один бік (рис. 3, в).

При повороті автомобіля з двома передніми керованими колесами, необхідно щоб усі колеса на опорній поверхні оберталися без бічного ковзання і деформацій шин. В цьому випадку керовані колеса потрібно повертати відносно нейтрального положення на різні кути, обумовлені такими співвідношеннями:

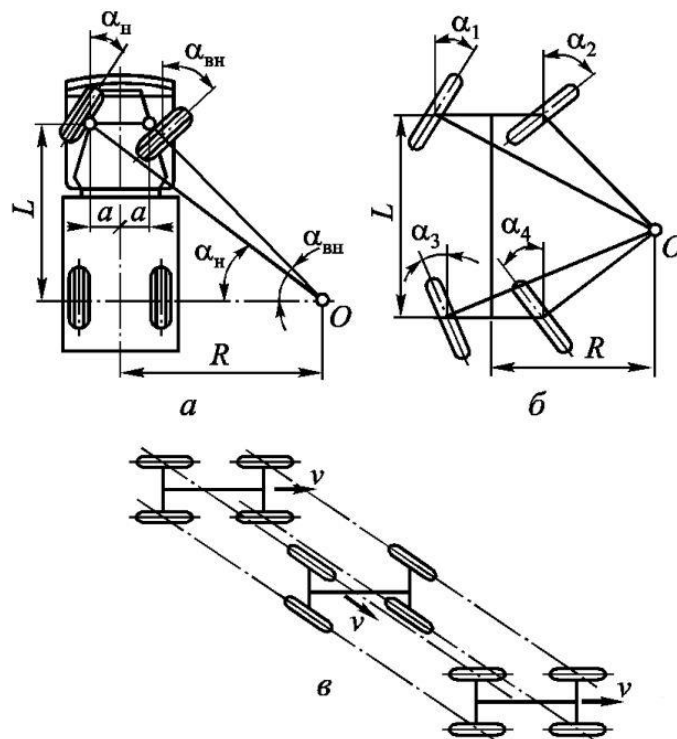
$$\operatorname{ctg} \alpha_{\text{вн}} = (R - a) / L; \quad \operatorname{ctg} \alpha_{\text{н}} = (R - a) / L; \quad (1)$$

де $\alpha_{вн}$ і $\alpha_{н}$ – кути повороту від нейтрального положення відповідно внутрішнього і зовнішнього коліс відносно центра повороту;
 a – половина відстані між осями шворнів поворотних цапф керованих коліс.



а – самоскид, б – фургон, в – в складі сідельного тягача і автоцистерни – напівпричепа

Рис. 2 – Вантажні автомобілі



а – повертання керованих коліс у горизонтальній площині; б – повертання передніх і задніх коліс у різні боки; в – повертання усіх коліс в один бік

Рис. 3 – Способи повороту автомобілів

Різниця $\operatorname{ctg}\alpha_n - \operatorname{ctg}\alpha_{\text{вн}} = 2a/L$ стала і незалежна від радіуса повороту. Потрібного співвідношення між кутами α_n і $\alpha_{\text{вн}}$ дотримуються застосуванням для повороту цапф керованих коліс спеціального чотирьохланцюгового механізму, який називають рульовою трапецією, яка забезпечує синхронний поворот правого і лівого колеса однієї осі. Рульова трапеція забезпечує поворот правого і лівого коліс на різні кути, що дозволяє їм котитися на повороті за різних радіусів без прослизання.

Одну вісь з керованими колесами можуть мати і тривісні автомобілі, але за умови, що друга і третя некеровані осі зближені. Якщо ці осі рознесені або автомобіль має більше трьох осей, то для запобігання бічного ковзання коліс застосовують кілька осей з керованими колесами. При цьому водій безпосередньо повертає колеса першої осі, колеса інших осей пов'язані з першою віссю за допомогою механічних, гідравлічних або електрогідравлічних передач, які керують їх поворотом. Керовані колеса напівпричепів можуть повертатися в залежності від кута складання між автомобілем-тягачем і напівпричепом.

Аналіз і оцінка конструкції. Рульове управління сучасних автомобілів з поворотними колесами включає в себе наступні елементи:

- рульове колесо з рульовим валом (рульовою колонкою);
- рульовий механізм;
- рульовий привід (може містити підсилювач і (або) амортизатори).

На вантажних автомобілях застосовують в основному кермові управління з гідропідсилювачем (рис. 4).

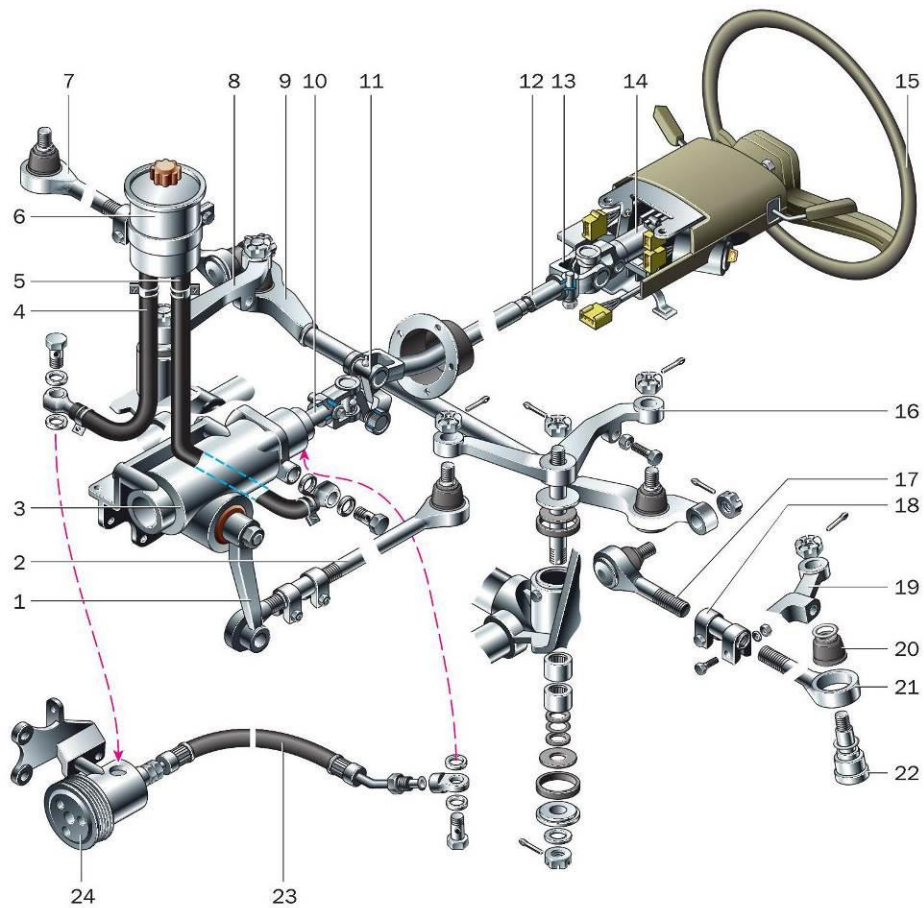
Рульове колесо знаходиться в кабіні водія і розташоване під таким кутом до вертикалі, який забезпечує найбільш зручне охоплення його обода руками водія. Чим більше діаметр рульового колеса, тим за інших рівних умов менше зусилля на ободі рульового колеса, але при цьому зменшується можливість швидкого повороту керма при виконанні різких маневрів.

Рульовий механізм являє собою редуктор, його основне завдання – збільшення прикладеного до керма зусилля водія, необхідного для повороту керованих коліс. Рульовий механізм має досить велике передавальне число, тому для повороту керованих коліс на максимальний кут $30-45^\circ$ необхідно зробити кілька оборотів рульового колеса.

Рульовий вал з'єднує рульове колесо з рульовим механізмом і часто виконується шарнірним, що дозволяє більш раціонально компоувати елементи рульового управління, а для вантажних автомобілів застосовувати відкидну кабіну (рис. 5).

Крім того, шарнірний рульовий вал підвищує травмобезпеку рульового колеса при аваріях, зменшуючи переміщення рульового колеса всередину салону і можливість травмування грудної клітини водія.

З цією ж метою в рульовий вал іноді вбудовують м'яті елементи, а рульове колесо покривають відносно м'яким матеріалом, що не дає при руйнуванні гострих осколків.



1 – рульова сошка; 2 – поздовжня рульова тяга; 3 – рульовий механізм; 4 – шланг; 5 – зливний шланг; 6 – бачок; 7 – права бічна рульова тяга; 8 – правий маятниковий важіль; 9 – поперечна рульова тяга; 10 – вхідний вал рульового механізму; 11 – нижній карданний шарнір; 12 – карданний вал; 13 – верхній карданний шарнір; 14 – вал рульової колонки; 15 – рульове колесо; 16 – лівий маятниковий важіль; 17, 21 – наконечники лівої тяги; 18 – хомут регулювальної трубки; 19 – лівий важіль рульової трапеції; 20 – чохол шарніра; 22 – шарнір; 23 – нагнітальний шланг; 24 – насос гідропідсилювача

Рис. 4 – Рульове керування з гідропідсилювачем

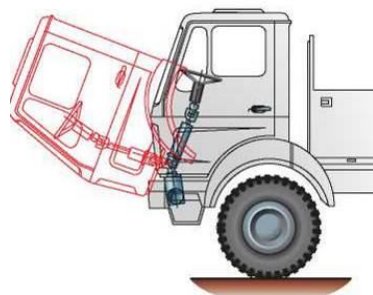
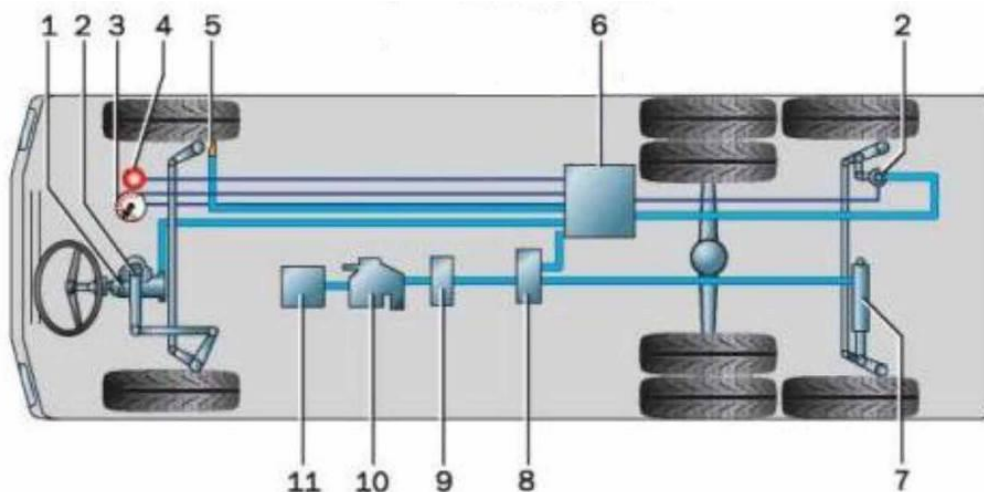


Рис. 5 – Шарнірний рульовий вал вантажного автомобіля

Рульовий привід являє собою систему тяг і шарнірів, що зв'язують рульовий механізм з керованими колесами. Оскільки рульовий механізм

закріпленій на несучій системі автомобіля, а керовані колеса при русі переміщуються на підвісці вгору і вниз щодо несучої системи, рульовий привід зобов'язаний забезпечити необхідний кут повороту коліс незалежно від вертикальних переміщень підвіски (узгодженість кінематики кермового приводу і підвіски). У зв'язку з цим конструкція рульового приводу, а саме кількість і розташування рульових тяг і шарнірів, залежить від типу застосовуваної підвіски автомобіля. Найбільш складним рульовий привід мають автомобілі з декількома керованими мостами.

Рульове керування з додатково керованою віссю автомобіля. Основна мета додаткового повороту задніх коліс автомобіля - підвищення маневреності, причому задні колеса повинні повертатися в іншому напрямку, ніж передні. Створити механічний рульовий привід, який забезпечував би зазначений характер повороту, нескладно, але виявилось, що автотранспортні засоби з таким управлінням схильні до ризику при русі по прямій і погано справляються при вході в швидкісні повороти. Тому в рульовий привід сучасних автомобілів з задніми керованими колесами встановлюють пристрої, які відключають поворот задніх коліс при швидкостях вище 20-30 км/год. У зв'язку з цим привід задніх коліс робиться гідравлічним або електричним (рис. 6).



1 – рульовий механізм; 2 – датчик кута повороту коліс; 3 – датчик частоти обертання колінчастого вала; 4 – аварійна лампа; 5 – датчик частоти обертання колеса; 6 – електронний блок управління; 7 – гідроциліндр; 8 – керуючий клапан; 9 – фільтр; 10 – насос; 11 – масляний бак

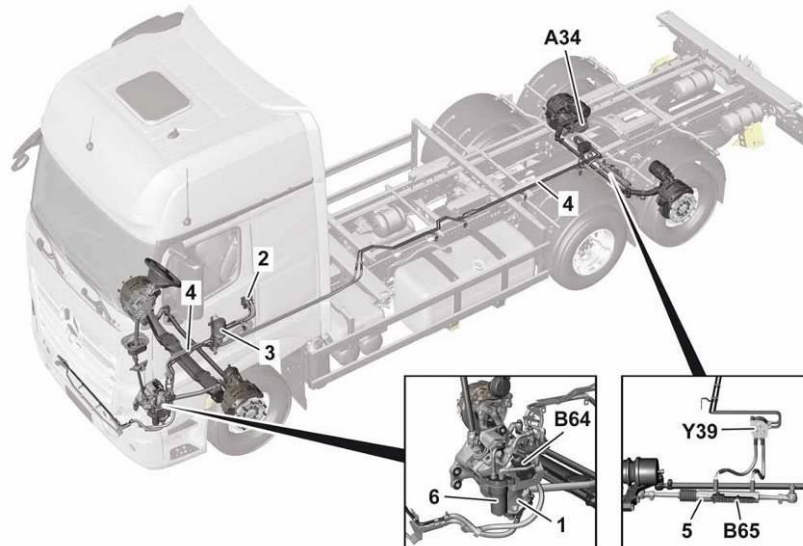
Рис. 6 – Рульовий привід задніх керованих коліс вантажного автомобіля

Рульове керування з додатковою керованою віссю реалізовано на автомобілях Mercedes-Benz Actros (Model 963) (Рис. 7).

При впливі водія на рульовий механізм здійснюється поворот переднього моста і додаткової осі, кути повороту яких реєструються датчиками кутів повороту. По різниці даних кутів повороту, запрограмованих для різних умов руху автомобіля, на блоці управління керованої віссю здійснюється відключення/включення додаткової осі. Це забезпечує стійкий рух багатовісного автомобіля за різних умов руху.

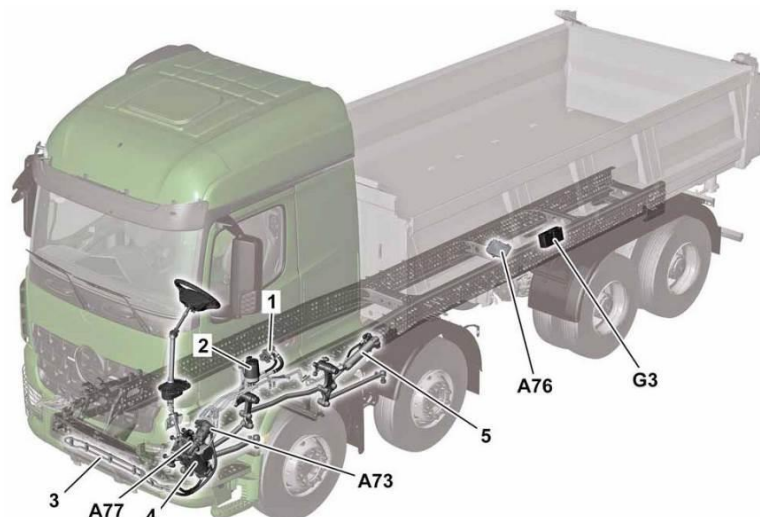
Рульове керування з електрогідравлічним підсилювачем руля.
Електрогідравлічне рульове керування реалізовано на автомобілі Mercedes-Benz Actros (Model 964) в варіанті виконання з чотирма осями (рис. 8).

Основою даного рульового керування є рульовий механізм ZF, що встановлюється на більшості важких вантажних автомобілях і доповнений електромеханічним пристроєм Servotwin® (рис. 9).



1 – рульовий механізм; 2 – насос гідропідсилювача керма (на двигуні); 3 – резервуар для рідини гідропідсилювача; 4 – трубопровід; 5 – гідроциліндр додаткової керованої осі; 6 – фільтр рідини лінії високого тиску; A34 – додатковий блок управління керованою віссю (ASA); B64 – датчик кута повороту переднього моста; B65 – додатковий датчик кута повороту керованої осі; Y39 – клапанний блок додаткової осі

Рис. 7 – Рульове керування з додатковою керованою віссю автомобіля

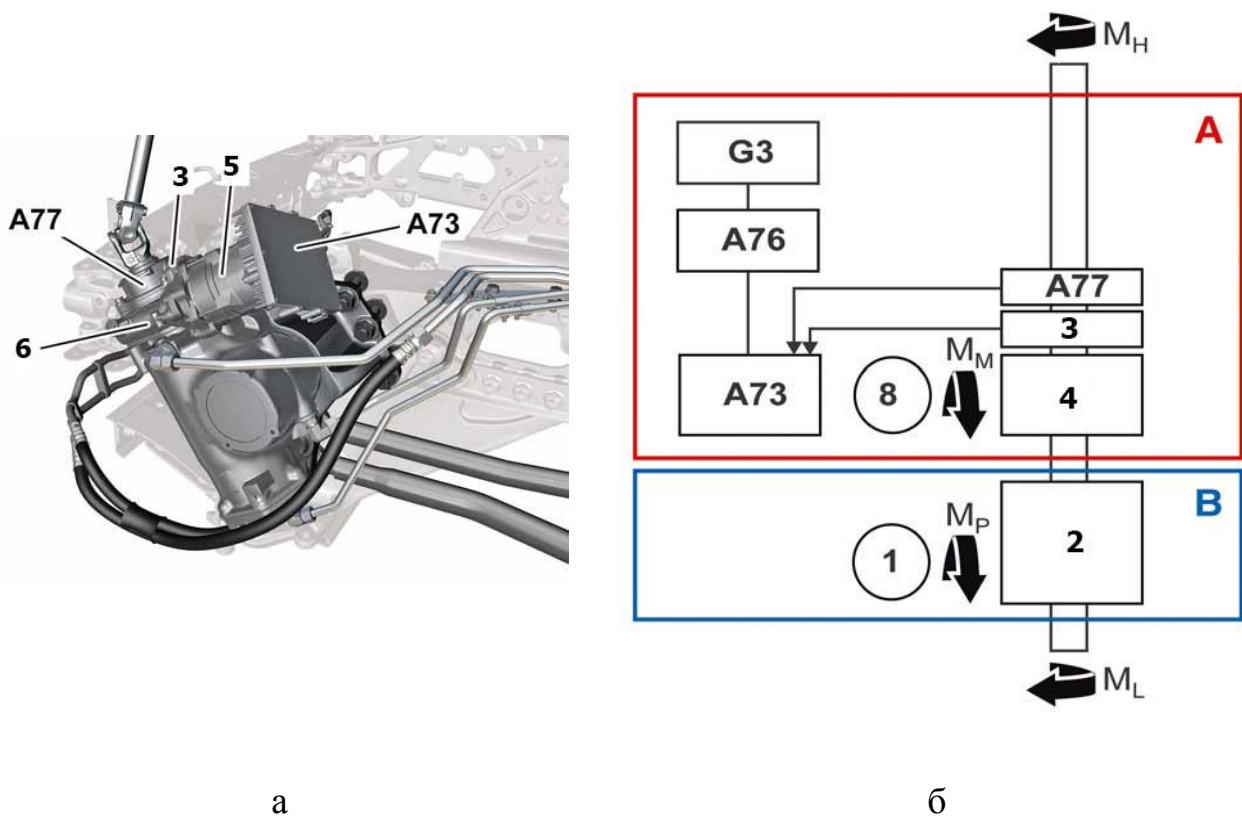


1 – насос гідропідсилювача; 2 – резервуар для рідини; 3 – радіатор; 4 – рульовий механізм Servotwin®; 5 – гідроциліндр; A73 – блок управління електрогідравлічним підсилювачем керма (APS); A76 – блок управління надлишковим живленням (RPS); A77 – датчик кута повороту рульового колеса; G3 – буферна батарея

Рис. 8 – Електрогідравлічне рульове керування

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

Крутний момент на вихідному валу рульового керування M_L оптимізується блоком управління А73, додаючи або віднімаючи крутний момент M_L , пристосовуючи автомобіль до конкретних умов руху. В міру збільшення швидкості руху автомобіля рульове управління стає більш жорстким, що негативно впливає на водія. Різні навантажувальні і швидкісні режими роботи автомобіля компенсуються системою рульового управління, забезпечуючи оптимальне відчуття водієм рульового колеса.



1 – насос гідропідсилювача; 2 – рульовий механізм Servotwin®; 3 – торсіон з датчиком крутного моменту; 4 – черв'ячна передача; 5 – електродвигун; 6 – черв'ячний редуктор; А73 – блок управління електрогідравлічним підсилювачем керма (APS); А76 – блок управління надлишковим живленням (RPS); А77 – датчик кута повороту рульового колеса; G3 – буферна батарея; M_H – крутний момент на рульовому колесі; M_L – вихідний крутний момент на рульовій передачі; M_M – електричний крутний момент; M_P – гідравлічний крутний момент; А – електрична рульова передача; В – гідравлічна рульова передача

Рис. 9 – Рульовий механізм ZF з електромеханічним пристроєм Servotwin® (а) електрогідравлічного рульового управління автомобіля і принцип його роботи (б)

Особливістю датчика рульового керування є електричний замок, який призначений для захисту системи рульового керування від перевантажень при

максимальному блокуванню рульового колеса. З положення рульового колеса що програмується електродвигун зменшує опір рульового підсилювача, якщо це необхідно, спрацьовує протиструмом, так що механічний обмежувач рульового колеса не може бути пошкоджений.

Висновки. Маневреність вантажних автомобілів різної компоновки підвищується при застосуванні електрогідравлічних підсилювачів рульового керування, забезпечуючи оптимальне значення вихідного крутного моменту на рульовий привід і легкість управління автомобілем в різних дорожніх умовах.

Список використаних джерел

1. Закин Я.Х. Маневренность автомобиля и автопоезда. – М.: Транспорт, 1996. – 136 с.
2. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1971. – 416 с.
3. Смирнов Т.А. Теория движения колесных машин. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.
4. Чайковский И.П. Соломатин П.А. Рулевое управление автомобилей.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
5. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / Под редакцией М.А. Подригало. – Харьков: Изд-ство ХНАДУ, 2003. – 614 с.
6. Introduction of the New Truck Generation The New Actros.: Stuttgart, Germany, 2 on. – 240 p.

Аннотация

РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Шевченко И.А., Кулаков Ю.Н., Станиславенко А.В.

Рассмотрены конструктивные особенности рулевых управлений современных грузовых автомобилей Mercedes-Benz с дополнительной управляемой осью и с электрогидравлическим усилителем руля.

Abstract

STEERING OF MODERN TRUCKS

I. Shevchenko, Y. Kylakov, A. Stanislavenko

The design features of the steering of modern Mercedes-Benz trucks with an additional controlled axle and an electro-hydraulic power steering are considered.