

2. Hamwi H., Rushby T., Mahdy M., Bahaj A. S. Effects of High Ambient Temperature on Electric Vehicle Efficiency and Range: Case Study of Kuwait. *Energies*. 2022. Vol. 15, No. 9. Article 3178. DOI: 10.3390/en15093178.

3. Сакно О. П., Сакно О. Р., Медведєв Є. П., Цимбал С. В. Дослідження впливу зовнішніх факторів на експлуатаційні властивості електромобіля. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. Т. 19, № 1. С. 131–138.

4. Esparza, Eliseo, et al. "Electric Vehicle and Charging Infrastructure Assessment in Cold-Weather Climates: A Case Study of Fairbanks, Alaska." , Jan. 2025. <https://doi.org/10.2172/2500794>.

5. Гнатов А., Аргун Щ., Ульянець О., Іванов Д. Вплив температури навколишнього середовища та швидкості руху електромобіля Hyundai Kona Electric на його пробіг. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*. 2025. № 28. С. 14–24. DOI: 10.30977/VEIT.2025.28.0.2.

6. Barnitt R., Brooker A., Ramroth L., Rugh J., Smith K. Analysis of Off-Board Powered Thermal Preconditioning in Electric Drive Vehicles. Golden, CO : National Renewable Energy Laboratory, 2010. 21 p. NREL/CP-5400-49252. DOI: 10.2172/1004898.

7. M.A. Bamdezh, G.R. Molaeimanesh, R. Mohammadi Saman Kand, M. Mostajeran, Effects of temperate, cold, and warm climate conditions on electric vehicle and battery thermal management system performance: Energy usage, battery aging, and carbon footprints, *Energy Conversion and Management*, Volume 339, 2025, 119935, ISSN 0196-8904, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.119935>.

*Науковий консультант: Дембіцький В.М., доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, к.т.н. Луцький національний технічний університет*

Осінний Владислав , ст.гр. АА-41-22

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## **КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ РУЛЬОВИХ МЕХАНІЗМІВ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ**

Яким би гарним і потужним не був автомобіль, без цього механізму на ньому неможливо було б безпечно пересуватися. Рульове управління дозволяє транспортному засобу маневрувати на поворотах (рис.1).



Рисунок 1. Маневрування автомобіля на повороті

Рульове управління найчастіше повертає передні колеса, проте зустрічаються і двовісний привід (в основному це великогабаритна техніка з чотирма осями, дві з яких повертають), а також модифікації з заднім приводом. Жоден автомобіль не зможе обійтися без рульового управління, так як всвіті не існує прямої дороги. Навіть якби умовно уявити собі таку трасу, на ній все одно з'являлися б перешкоди, які потрібно було б об'їжджати. Без рульового управління також неможливо було б безпечно припаркувати своє авто.

Рульове керування - це система, за допомогою якої водій задає напрямок руху автомобіля. До неї входять декілька складових: колонка, кермо, привід і тяги. Повороти автомобіля здійснюються за рахунок зміни траєкторії руху передніх коліс [1]. Напрямок залежить від положення керма, яке передається на колеса через колонку і тяги. Колонка, в свою чергу, — це досить складний шарнірний механізм, спроектований з можливістю складання при пошкодженні. Інженерні рішення такого роду допомагають зберегти життя водія в екстремальних ситуаціях [Жоден із засобів пересування не позбавлене даного пристрою. В одних випадках воно має примітивну конструкцію, в інших - досить складну, щоб ремонт могли виконати тільки фахівці.

Навіть в автомобілях система рульового управління теж має кілька модифікацій.

Система рульового управління це сукупність деталей в одному механізмі, мета яких - змінювати кут положення передніх коліс автомобіля для повороту транспортного засобу в процесі руху. Цей механізм дозволяє змінювати напрямок авто в залежності від бажання водія.

Управляється система завдяки повороту рульового колеса. Щоб полегшити завдання для водія в великогабаритний транспорт завжди встановлюється підсилювач керма. Однак останнім часом переважна більшість легкових автомобілів також оснащуються різними модифікаціями підсилювачів.

#### Пристрій рульового управління

Стандартна система рульового управління складається з таких компонентів:

- Кермо. Розташовано в кабіні (або салоні транспортного засобу). Змінюючи його положення, водій міняє відхилення лівого і правого колеса від первісної траєкторії. У сучасних автомобілях на ньому розташовуються деякі функціональні кнопки (наприклад, для управління мультимедійною системою або перемикачів відображуваних параметрів на екрані приладової панелі) (рис.2).



Рисунок 2. Кермо

Рульова колонка.

Це один з різновидів карданної передачі. В даному механізмі кілька валів з'єднані між собою шарнірами. Завдяки такій конструкції виробники можуть застосувати опцію зміни кута нахилу колонки (для забезпечення більшого



Рисунок 3. Рульова колонка

комфорту, якщо машину водить не одна людина, наприклад, і чоловік, і дружина). Рульова колонка передає крутний момент від керма до рульового механізму. Наявність декількох шарнірів також служить в цілях підвищення безпеки при лобовому зіткненні (рис.3). Багатосекційна колонка легше деформується, що заподіює менше шкоди для водія. На корпусі цього механізму встановлюються підрульові перемикачі (основними є перемикачі світла і режимів склоомивача).

- Рульовий механізм. Складається з рульових тяг різної довжини, які приймають на себе зусилля від рульової колонки і передають його далі на колеса. В даний механізм також входять наконечники і важелі (рис.4). Залежно від моделі автомобіля конструкція цієї частини теж може відрізнятися. Крім основних елементів в рульовому управлінні також можуть бути присутніми підсилювач керма і амортизаційна (демпферна) системи.



Рисунок 4. Рульовий механізм

## Пристрій системи рульового управління

На сьогоднішній день існує безліч модифікацій рульової системи автомобіля. Є навіть розробки, які здатні втручатися в дії водія, коректуючи маневри транспортного засобу. Є також розробки з автоматичним пілотуванням, хоча повноцінні автопілот ще знаходяться на стадії концепції, та й законодавство поки не допускає на громадські дороги машини з автономним управлінням.

Серед сучасних систем допомоги водієві є утримання в смузі руху або контроль стану водія (наприклад, коли він засинає, руки плавно послаблюють хват рульового колеса, на цю силу реагують датчики і система перебудовує автомобіль на узбіччя).

У стандартне рульове управління входять такі компоненти:

- Рульове колесо;
- Рульова колонка;
- Рульовий привід;
- Підсилювач керма

Так як стандартний рульовий механізм для повороту коліс (особливо в автомобілі, що стоїть) вимагає певних зусиль з боку водія, виробники розробили різного роду підсилювачі. Спочатку гідравлічні модифікації застосовувалися на вантажному транспорті. Поступово така система отримала своє застосування і в легкових автомобілях.

Необхідність в підсилювачі з'явилася не тільки заради збільшення комфорту. Справа в тому, що при русі на великій швидкості утримувати кермо автомобілі на віражах стає важким завданням, особливо в спортивному автомобілі. Підсилювач рульового механізму полегшує цей процес (рис.5). Також система отримала позитивні відгуки у представниць слабкої статі.



Рисунок 5. Підсилювач керма

Підсилювачі працюють за різними принципами. Найпоширеніший - гідропідсилювач. Чималу популярність також придбали і електропідсилювач. Але існують також комбіновані системи, які задіюють функції обох модифікацій

Принцип рульового управління досить простий. Водій повертає кермо, зусилля передаються на рульову колонку. Далі вони надходять на рульовий механізм. У класичному виконанні рейка надає руху кермові тяги, з'єднані з колесами за допомогою системи кульових наконечників.

Точність повороту колеса безпосередньо залежить від розмірів керма [2]. Також від цього параметра залежить зусилля, яке потрібно прикласти, щоб повернути колеса. У багатьох моделях встановлені електричні або гідропідсилювачі, які дають можливість використовувати в машині маленький кермо.

Всі системи рульового управління (рис.6) діляться на три види:

- Рейковий механізм. Найчастіше використовується в бюджетних автомобілях. Конструкція такого управління найпростіша. У ньому є рейка з зубцями. Вона приводиться в рух завдяки шестірні рульової колонки. Така схема має високу ефективність. Єдиним недоліком такого механізму є чутливість до ударів від неякісного дорожнього покриття.

- Черв'ячний механізм. Така модифікація забезпечує більший кут повороту колеса.

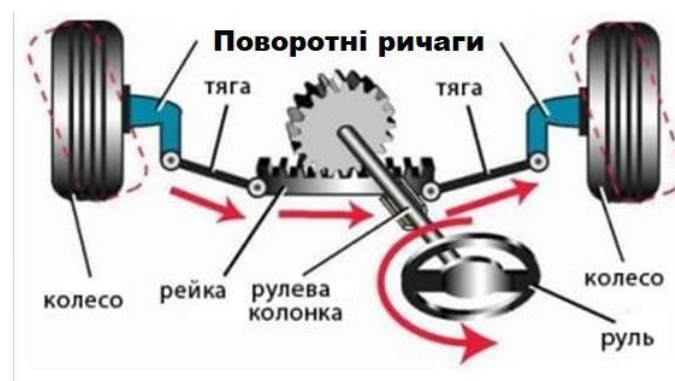


Рисунок 6. Схема рульового керування

Вона менш чутлива до ударних навантажень, однак коштує дорожче, ніж попередня, так як більш складна у виготовленні.

- Гвинтовий механізм. Є модифікацією черв'ячного аналога, тільки має підвищений ККД і збільшує зусилля, необхідні для маневру автомобіля.

Незалежно від типу приводу, робота даних механізмів може бути посилена такими пристроями:

- Гідропідсилювач. Має найпростішу конструкцію в даному переліку. Система компактна і дешева в обслуговуванні. Такий модифікацією оснащуються навіть деякі бюджетні моделі авто останніх поколінь. Щоб

система справно працювала, необхідно постійно контролювати рівень робочої рідини. Насос підсилювача наводиться в рух робочим ДВС.

- Електропідсилювач. Це одна з найостанніших модифікацій. Вона не потребує складного обслуговування, а також тонкої настройки. Забезпечує максимальну чуйність рульового управління. Як впливає з назви, механізм посилюється роботою електричного мотора.

- Електрогідравлічний підсилювач. Така модифікація працює за принципом ГУР. Єдина відмінність полягає в тому, що гідронасос працює від електрики, а не приєднується до приводу мотора, як у першому випадку. Останні дві розробки дозволяють використовувати менше палива в порівнянні з першим типом, так як робота системи не пов'язана з приводом двигуна.

Автомобіль також може бути оснащений системою активного динамічного або адаптивного управління

Останнім часом на деяких моделях авто преміум-класу і спорткарах встановлюється особлива технологія з поворотом не тільки передніх, але і задніх коліс. Це збільшує стабільність автомобіля при проходженні повороту на високій швидкості. Задні колеса повертаються в залежності від швидкості ТЗ.

Якщо машина їде максимум 40 км / год, то задня вісь повертається в протилежному напрямку від передніх коліс (якщо спереду вони дивляться вправо, то задні будуть дивитися вліво).

Коли швидкість авто стає вище 40 км / ч, то при вході в поворот задні колеса будуть повертатися в ту ж сторону, що і передні. Це знижує ризик утворення заносу.

Рульове управління будь-якого транспортного засобу має відповідати наступним вимогам:

- Забезпечувати достатню маневреність ТЗ на будь-яких швидкостях. Водій повинен з легкістю задавати потрібний напрямок автомобіля;

- Воно повинно бути легким у використанні, щоб навіть втомлений водій міг безпечно дістатися до місця відпочинку;

- При повороті коліс рульове управління повинне забезпечити максимально чисте кочення. На віражах колеса не повинні ковзати, щоб автомобіль не втрачав своєї стабільності. Для цього кут нахилу і повороту коліс повинен бути чітко вивіреним;

- Повертати колеса назад в прямолінійний напрямок (уздовж кузова), після того як водій припиняє докладати зусиль для повороту;

- Гасити вібрації при русі по нерівному дорожньому покриттю;

- Володіти високою чуйністю на будь-які команди водія;

- Навіть при виході з ладу підсилювачів, механізм повинен все одно дозволяти водієві керувати машиною.

Ще одним параметром, який відноситься до категорії вимог для рульового управління, є люфт керма.

Особливості правостороннього і лівостороннього рульового управління

Ні для кого не є секретом, що закон деяких країн передбачає лівосторонній рух по дорозі. У цьому випадок рульове колесо буде встановлено з правого боку авто, а водій, природно, буде сидіти там, де звично в нашому регіоні бачити переднього пасажера.

Різниця такого рульового управління полягає не тільки в розташуванні керма в салоні. Виробник адаптує також і рульовий механізм згідно з підключенням до редуктора. Але навіть в такому випадку автомобіль, призначений для експлуатації на дорогах з лівостороннім рухом, можна переобладнати під умови правостороннього. Для цього перед покупкою оригінального автомобіля слід з'ясувати, чи продаються відповідні кермові механізми, що дозволяють переобладнати даний автомобіль.

На деяких типах сільськогосподарської техніки використовується гідравлічна система, яка дозволяє встановлювати кермо в будь-якій частині кабіни. У цьому випадку зв'язок між рульовим колесом і приводом рульового механізму забезпечується гідравлікою, яка управляється насосом-дозатором.

У такій модифікації відсутня люфт (навіть заводський), так як в ній немає редуктора з шестеренчатой, черв'ячної або гвинтовий передачею. Звичайно, в легковому транспорті така система зустрічається вкрай рідко. Основне її застосування - велика спецтехніка.

Основним показником для рульового механізму є безпека дорожнього руху. Забезпечення працездатності рульового механізму здійснюється за рахунок ефективного конструювання, а також системи ТО і ремонту автомобілів. Ремонт рульового механізму є складним технологічним процесом, який потребує наявності кваліфікованих працівників, спеціального обладнання і інструменту для ремонту та регулювання.

### Література

1. M. Diachuk, O. Lykhodii, Leontiev, D., L. Ryzhykh, & Yu. Aleksandrov. (2022). Dynamic modeling of semitrailer trucks equipped by steered wheels. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 16(1), 8691–8705. <https://doi.org/10.15282/jmes.16.1.2022.04.0687>
2. Леонтьєв Д.М., Лиходій О.С., Малий В.М. (2025). Особливості вирішення задачі повороту керованих коліс вантажних автомобілів. *Підвищення якості продукції машинобудівних та ремонтних підприємств: зб. матеріалів IV Всеукр. наук.-практ. онлайн-семінару*, 29 трав. 2025 р./ Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, С. 10–14.

*Науковий керівник Альока М.М., професор кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула, канд. техн. наук*