

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: **АНАЛІЗ І УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
ПРОЦЕСУ УСТАНОВКИ КУТІВ КОЛІС ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ**

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-63

Спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва)

Орест СТАДНИК

(прізвище ім'я та по батькові)

Керівник: к.т.н., в.о. доц. Степан ХІМКА

(наук. ст., вчене звання, прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ 2024

УДК 629.113.066.

РЕФЕРАТ

«Аналіз і удосконалення технологічного процесу установки кутів коліс легкових автомобілів». – Орест СТАДНИК. – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів та тракторів. - Дубляни, -Львівський НУП, 2024. 67 с. текст. 5 част. 28 рис., 2 табл., бібл. 21.

Проведено аналіз важливості правильного встановлення кутів коліс для безпеки та ефективності автомобіля, зокрема на зношення шин і стабільність руху. Описано різні види рульового керування і шляхи покращення керованості, обґрунтовано актуальність теми для вдосконалення налаштування автомобілів.

Розглянуто процес установки кутів коліс, зокрема визначення основних параметрів і різних типів кутів. Показано, як геометрія під час руху впливає на стабільність і керованість, а також розглянуті можливі несправності від неправильного налаштування кутів.

Удосконалено процесу установки, підготовку автомобіля та послідовність налаштувань для точності вимірювань. Розроблений пристрій значно підвищує ефективність цього процесу, зменшуючи час на налаштування. Розрахунок елементів пристрою підтверджує його працездатність і відповідність вимогам безпеки та точності, що дозволяє обслуговувати більше автомобілів за зміну.

Ключові слова: рульове управління кастер, сходження, розвал.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ	
КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	9
1.1 Призначення та значення кутів установки коліс.....	9
1.2 Вплив параметрів кутів коліс на експлуатаційні характеристики автомобіля.....	11
1.3 Види рульового керування і схеми поворотів	16
1.4 Шляхи покращення керованості автомобілів.....	26
1.5 Обґрунтування теми роботи.....	28
2 УСТАНОВКА КУТІВ КОЛІС, АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ	
2.1 Визначення основних параметрів кутів установки коліс.....	31
2.2 Опис кутів установки коліс.....	34
2.3 Геометрія під час руху.....	38
2.4 Можливі несправності.....	43
3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	
УСТАНОВКИ КУТІВ КОЛІС.....	46
3.1 Підготовка автомобіля до виставлення кутів коліс.....	46
3.2 Послідовність установки кутів коліс.....	48
3.3 Розробка пристрою для удосконалення процесу.....	50
3.4 Принцип дії розробленого пристрою.....	52
3.5 Розрахунок елементів пристрою.....	53

4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
4.1	Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації електричного обладнання.....	58
4.2	Планування заходів з покращення охорони праці.....	60
4.3	Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації електричного обладнання	61
5	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МОДЕРНІЗАЦІЇ	64
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	65
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

ВСТУП

Кути установки коліс є однією з ключових складових забезпечення безпечної експлуатації автомобіля, його керованості, стійкості, а також економічності. Геометричні параметри кутів установки коліс впливають на поведінку транспортного засобу в різних умовах руху, включаючи прямолінійний рух, повороти та екстрене гальмування.

Розвал коліс забезпечує рівномірний розподіл навантаження по ширині протектора шини, що дозволяє зменшити зношення шин і покращити зчеплення з дорогою. Позитивний або негативний розвал впливає на здатність автомобіля утримувати стабільність при проходженні поворотів і змінює характер керованості залежно від стилю водіння та умов експлуатації.

Кастер (кут поздовжнього нахилу осі повороту) сприяє створенню сили самовідновлення коліс у прямому положенні. Це підвищує курсову стійкість автомобіля на високих швидкостях і зменшує необхідність частого коригування напрямку руху водієм. Від налаштування кастера залежить комфорт водіння та зусилля, що прикладається до керма.

Сходження визначає взаємне розташування передніх або задніх коліс щодо поздовжньої осі автомобіля. Коректне налаштування сходження дозволяє зменшити опір коченню, що позитивно впливає на витрату пального, забезпечує рівномірний знос шин і покращує керованість автомобіля.

Неправильно налаштовані кути призводять до нерівномірного зносу шин і підвищення витрат на їх заміну. Також збільшується опір коченню, що призводить до зростання витрати пального. Невірна установка кутів може стати причиною зниження зчеплення шин із дорожнім покриттям, погіршення гальмівних властивостей і стійкості автомобіля при виконанні маневрів. Оптимально налаштовані кути дозволяють зменшити навантаження на елементи підвіски, що продовжує їхній термін служби.

Таким чином, правильна установка кутів коліс є обов'язковою умовою забезпечення ефективної, економічної та безпечної експлуатації автомобіля.

Цей процес повинен виконуватись з використанням сучасного обладнання, яке гарантує високу точність налаштувань, і відповідати рекомендаціям виробника транспортного засобу.

Невідповідність кутів установки коліс може виникати з кількох причин, серед яких найпоширенішими є: удари підвіски або коліс (під час наїзду на бордюри, ями тощо), зношення компонентів підвіски, а також неправильне виконання регулювання. Якщо кути коліс встановлені неправильно, це може негативно вплинути на експлуатаційні характеристики автомобіля, і цей вплив можна виразити в конкретних цифрах:

- Якщо сходження передніх коліс відрізняється від рекомендованого на 1 мм, це призводить до додаткового зносу шин до 10% швидше.

- Неправильний розвал у межах 1° може спричинити нерівномірне стирання зовнішнього або внутрішнього краю шин, скоротивши їхній термін служби до 30%.

- Відхилення сходження від норми на 2 мм може підвищити витрату пального на 2–4%, оскільки збільшується опір коченню.

- Невірний кут кастера в межах 2° знижує курсову стійкість автомобіля на 15–20%, що стає особливо критичним на високих швидкостях.

- При різкому гальмуванні чи маневруванні неправильний кут розвалу може збільшити гальмівний шлях на 5–7%.

- Надмірне навантаження на компоненти підвіски через неправильні кути призводить до зниження їх ресурсу на 20–25%, особливо для кульових опор.

- Водії автомобілів з неправильними кутами установки коліс мають більший ризик втратити контроль над транспортним засобом у критичних ситуаціях. Статистика показує, що неправильне налаштування геометрії коліс є фактором до 5% аварій на дорогах.

У таких випадках важливо проводити перевірку кутів після значного пробігу (зазвичай кожні 10–15 тисяч кілометрів) або після будь-якого механічного впливу на ходову частину. Регулярна діагностика дозволяє уникнути додаткових витрат і забезпечити безпечну експлуатацію автомобіля.

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Призначення та значення кутів установки коліс

Призначення та значення кутів установки коліс полягає в забезпеченні оптимальної керованості, стійкості та зносостійкості шин автомобіля. Геометрія кутів коліс безпосередньо впливає на поведінку автомобіля на дорозі, його маневреність та безпеку експлуатації.

Основними параметрами, які визначають кути установки коліс, є розвал, кастер та схід-розвал. Кожен із цих кутів має своє специфічне призначення:

Розвал коліс — це кут між вертикальною віссю автомобіля та площиною обертання колеса. Його правильне налаштування сприяє рівномірному зносу шин, забезпечує стійкість автомобіля на поворотах і зменшує навантаження на підвіску.

Кастер (кут поздовжнього нахилу осі повороту) визначає зусилля, необхідне для обертання керма, і стабільність автомобіля при русі на прямій. Коректний кастер покращує поворотність автомобіля, знижуючи схильність до вібрацій і ривків.

Сходження — це кут, утворений площинами коліс на одній осі. Його правильне налаштування забезпечує точність керування та зменшує тертя між колесами й дорогою, що, своєю чергою, впливає на знос шин і паливну економічність.

Невідповідність у налаштуванні цих кутів може призводити до нерівномірного зносу шин, підвищеного споживання пального, зниження стійкості автомобіля та збільшення ризику аварійних ситуацій. Саме тому правильна установка кутів коліс є важливою складовою технічного обслуговування легкових автомобілів, спрямованою на забезпечення їх надійної та безпечної експлуатації.

Невідповідність кутів установки коліс може бути спричинена різними факторами, серед яких найчастіше зустрічаються удари підвіски або коліс при наїзді на бордюри чи вибоїни, зношення деталей підвіски, а також помилки в процесі регулювання. Неправильне налаштування кутів має значний негативний вплив на експлуатаційні характеристики автомобіля, і його можна оцінити конкретними числовими показниками.

Сходження передніх коліс, яке відхиляється від рекомендованого на один міліметр, спричиняє додатковий знос шин, який може бути на 10% швидшим за норму. Якщо розвал коліс відрізняється від оптимального на один градус, це призводить до нерівномірного зносу країв шин і скорочує їхній термін служби до 30%. Відхилення сходження на два міліметри збільшує опір коченню, що спричиняє зростання витрати пального на 2–4%.

Кут кастера, неправильний на два градуси, знижує курсову стійкість автомобіля на 15–20%, що особливо важливо під час руху на високих швидкостях. У разі різкого гальмування або маневрування неправильний розвал може збільшити гальмівний шлях автомобіля на 5–7%. Крім того, підвищене навантаження на компоненти підвіски через некоректну установку кутів зменшує термін їхньої служби на 20–25%, зокрема це стосується кульових опор, важелів і амортизаторів.

Водії автомобілів із неправильно налаштованими кутами установки коліс мають підвищений ризик втрати контролю над транспортним засобом у критичних ситуаціях. Згідно зі статистикою, порушення геометрії коліс стає фактором до 5% дорожньо-транспортних пригод.

Для уникнення цих проблем важливо проводити регулярну перевірку кутів установки коліс. Рекомендується виконувати діагностику після кожних 10–15 тисяч кілометрів пробігу або після механічного впливу на елементи ходової частини. Регулярна діагностика дозволяє зменшити ризики, знизити витрати на ремонт і забезпечити надійність та безпеку автомобіля під час експлуатації.

1.2 Вплив параметрів кутів коліс на експлуатаційні характеристики автомобіля

Вплив параметрів кутів установки коліс на експлуатаційні характеристики автомобіля є суттєвим, оскільки вони визначають стійкість, керованість, зносостійкість шин і економічність автомобіля. Геометричні параметри, такі як розвал, кастер і схід-розвал, впливають на різні аспекти роботи транспортного засобу.

Розвал коліс, що відображає кут нахилу коліс відносно вертикальної осі, впливає на зчеплення шин із дорожнім покриттям. Негативний розвал забезпечує краще зчеплення при поворотах, тоді як позитивний розвал сприяє підвищенню стабільності на прямолінійній ділянці дороги. Неправильний розвал призводить до нерівномірного зносу шин, скорочуючи їх термін служби, і погіршує керованість автомобіля.

Кастер, тобто поздовжній нахил осі повороту колеса, визначає стійкість автомобіля на прямолінійному русі та комфортність керування. Збільшений кастер підвищує курсову стійкість, але може вимагати більше зусиль для обертання керма. Занадто малий кастер погіршує керованість на високих швидкостях, підвищуючи ризик втрати контролю над автомобілем.

Схід-розвал коліс впливає на рівномірність зносу шин, а також на паливну економічність і стабільність автомобіля. Позитивне або негативне відхилення сходження від норми призводить до підвищення опору коченню, що збільшує витрати пального. Водночас неправильне налаштування сходження спричиняє нерівномірний знос протектора шин і знижує точність керування автомобілем.

Невідповідність цих параметрів впливає також на ефективність гальмування. Наприклад, неправильний розвал чи сходження може збільшити гальмівний шлях через погіршення контакту шин із дорожньою поверхнею. Також це створює додаткове навантаження на елементи підвіски, що призводить до передчасного зносу амортизаторів, важелів і кульових опор.

Таким чином, оптимальні параметри кутів установки коліс є необхідною умовою для забезпечення безпечної, економічної та комфортної експлуатації автомобіля. Регулярна перевірка та налаштування цих параметрів гарантують стійкість, маневреність і довговічність як шин, так і елементів підвіски.

Коли автомобіль рухається прямо, а кермо знаходиться в положенні, що відповідає прямолінійному руху, це свідчить про ідеальну геометрію. У такій ситуації лінія середини автомобіля збігається з його траєкторією руху.

Лінія середини автомобіля є умовною прямою, яка проходить через центр шасі і використовується як орієнтир для замірів. Вона визначає середню лінію транспортного засобу. Траєкторія руху автомобіля залежить від положення задніх коліс. Якщо обидва задні колеса знаходяться в однаковому положенні, траєкторія руху буде перпендикулярною до осі задніх коліс.

У випадках, коли лінія середини автомобіля не збігається з його траєкторією руху, це свідчить про те, що задня вісь або одне із задніх коліс не перебувають під прямим кутом. Положення задньої осі відносно передньої осі визначає напрямок руху автомобіля, що може спричиняти відхилення від прямолінійної траєкторії (див. рис. 1).

Якщо лінія середини автомобіля не збігається з траєкторією руху, водій змушений коригувати положення керма, щоб забезпечити прямолінійний рух. Різниця між лінією середини автомобіля і траєкторією руху визначається як кут розвороту заднього моста. Цей кут може бути позитивним або негативним залежно від положення траєкторії руху:

- Кут розвороту заднього моста вважається позитивним, якщо траєкторія руху розташована праворуч від лінії середини автомобіля.

- Кут розвороту заднього моста є негативним, якщо траєкторія руху знаходиться ліворуч від лінії середини автомобіля.

Чим більший кут розвороту заднього моста, тим більше зусиль водій повинен докладати для коригування кермування, щоб автомобіль міг рухатися по прямій.

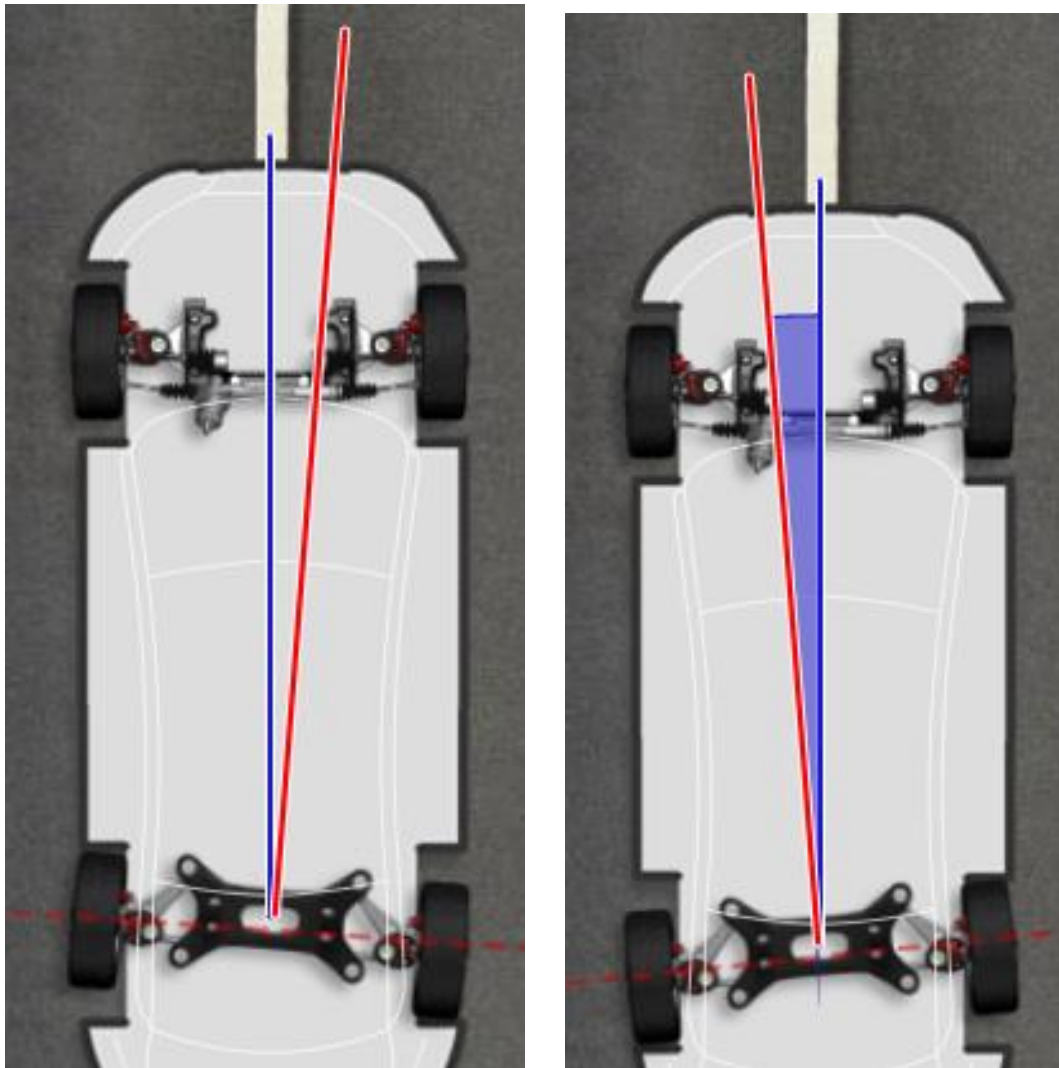


Рисунок 1.1 – Напрямок руху автомобіля, кут розвороту заднього моста.

Призначення, вимоги та класифікація рульового керування визначають його важливу роль у забезпеченні безпеки, керованості та комфорту транспортного засобу. Основним завданням рульового керування є забезпечення підтримання заданої траєкторії руху автомобіля чи трактора незалежно від дорожніх умов та швидкості.

Рульове керування повинно задовольняти наступні вимоги:

- Забезпечення мінімального радіусу повороту для досягнення максимальної маневреності транспортного засобу, що є критично важливим для руху у міських умовах або обмеженому просторі.

- Поворот керованих коліс повинен здійснюватися так, щоб кочення шин по опорній поверхні відбувалося без бокового проковзування, що зменшує знос шин і покращує стійкість автомобіля.

- Рульова система повинна забезпечувати силовий та кінематичний зв'язок між зусиллям на рульовому колесі і моментом опору повороту керованих коліс, зберігаючи пропорційність. Це дозволяє водієві краще контролювати автомобіль і знижує ризик аварій.

- Узгодженість кута повороту рульового колеса з кутом повороту керованих коліс гарантує точність керування, що важливо як для маневрування, так і для прямолінійного руху.

- Конструкція рульової передачі має виключати виникнення коливань коліс у горизонтальній площині, що може спричинити нестабільність автомобіля на високих швидкостях.

- Керування транспортним засобом повинно бути комфортним для водія. Це передбачає відсутність надмірного зусилля на рульовому колесі, ефективне гасіння поштовхів, які можуть передаватися від нерівностей дороги, і зниження втомлюваності водія під час тривалої експлуатації.

- Конструкція рульового механізму повинна бути простою, зручною в експлуатації та обслуговуванні, мати високу надійність, тривалий ресурс роботи і відповідати вимогам сучасних стандартів.

Додатково рульове керування повинно адаптуватися до новітніх технологій, таких як електропідсилювачі керма, активні системи контролю стійкості та автоматичне паркування. У сучасних умовах розвитку транспорту важливими вимогами стають енергоефективність рульового механізму, його інтеграція з системами автономного керування та зниження екологічного впливу.

Забезпечення виконання цих вимог є необхідним для гарантування безпечної експлуатації транспортного засобу, зниження витрат на технічне обслуговування і підвищення загальної задоволеності водія.

1.3 Види рульового керування і схеми поворотів

Рульове керування класифікується за кількома ознаками, що відображають його конструктивні особливості та принцип роботи:

За способом повороту керованих коліс:

- Поворот керованих коліс відносно нерухомої балки моста.
- Поворот керованих коліс разом із подальшим поворотом балки моста.
- Поворот піврам у місці їхнього з'єднання ("злам"), при якому балки мостів залишаються закріпленими на рамах.
- Зміна частоти обертання коліс одного або обох бортів транспортного засобу (рис. 1.2).

За розташуванням керованих коліс:

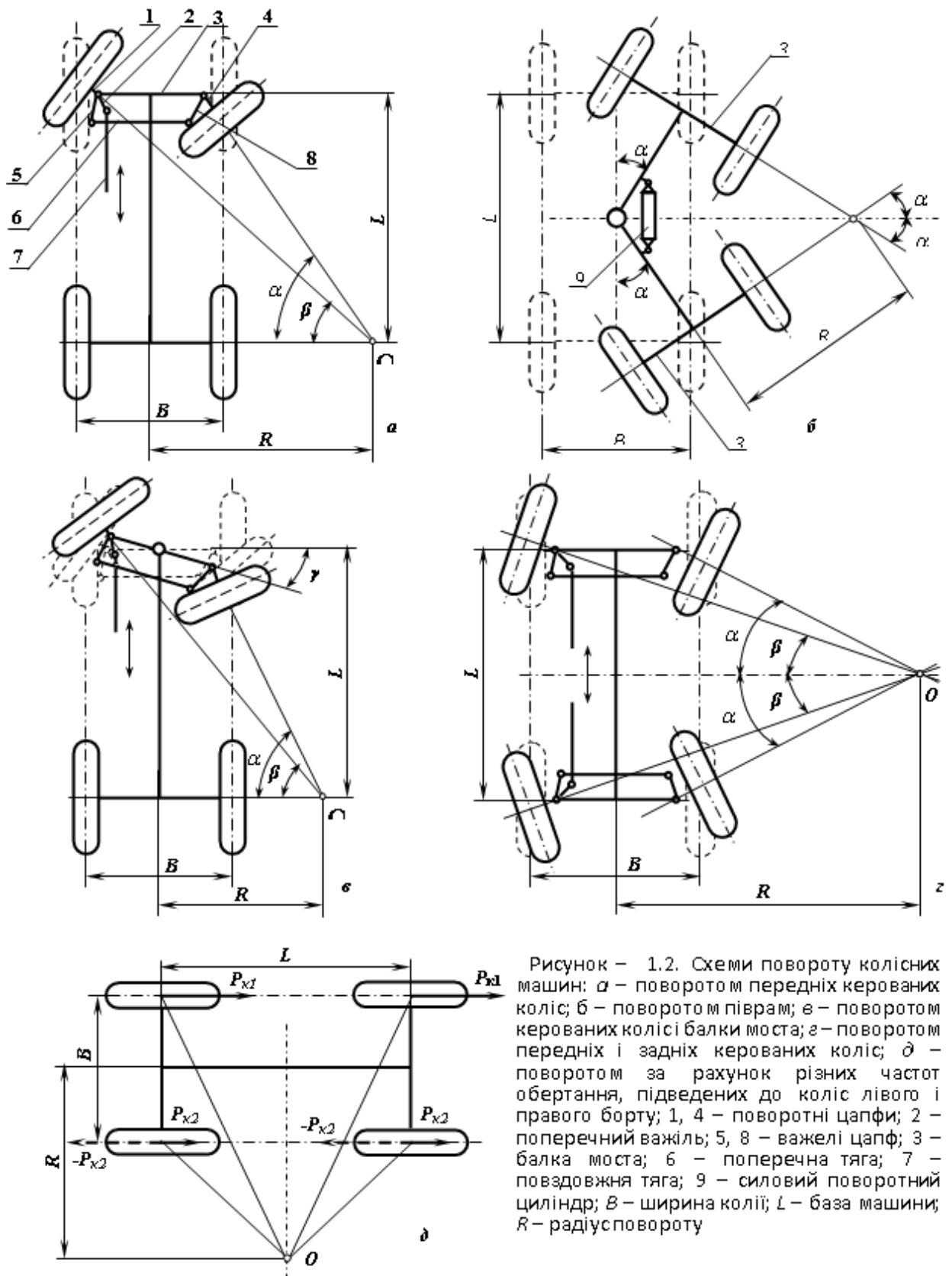
- Керовані передні колеса.
- Керовані задні колеса.
- Керовані як передні, так і задні колеса (такі системи використовуються для підвищення маневреності, наприклад, у деяких спеціалізованих або спортивних автомобілях).

За типом зв'язку рульового колеса з керованими колесами:

- Механічний зв'язок, при якому передача зусилля здійснюється виключно через механічні елементи (вали, важелі).
- Гідравлічний або гідрооб'ємний зв'язок, що передбачає використання гідравлічних систем для полегшення керування.

За розташуванням рульового колеса:

- Рульове колесо, розташоване з правого боку (характерно для країн з лівостороннім рухом).
- Рульове колесо, розташоване з лівого боку (зазвичай у країнах із правостороннім рухом).



Додатково можна виділити класифікацію за допоміжними функціями:

- Рульові системи з підсилювачами (гідравлічними, електричними або комбінованими), які полегшують керування.

- Системи адаптивного керування, що використовуються в сучасних автомобілях з електронними компонентами, такими як «кермо без механічного зв'язку» (steer-by-wire).

Різноманітність конструктивних рішень дозволяє адаптувати рульове керування до конкретних умов експлуатації, типу транспортного засобу та його призначення, забезпечуючи оптимальне поєднання маневреності, комфорту та безпеки.

Для забезпечення повороту колісної машини без бокового ковзання керованих коліс необхідно, щоб осі всіх коліс перетиналися в одній точці, яка називається центром повороту. Для виконання цієї умови найбільше поширення отримали дві основні схеми повороту: поворот передніх керованих коліс відносно нерухомої балки моста (рис. 1.2, а) та поворот піврам разом із закріпленими на них балками мостів (рис. 1.2, б).

Перша схема повороту (рис. 1.2, а) є найбільш поширеною на легкових автомобілях, універсальних тракторах, а також тракторах загального призначення, де діаметр передніх коліс менший за діаметр задніх. У цій схемі обидва керовані колеса одночасно повертаються разом з поворотними цапфами, які шарнірно з'єднані з нерухомою балкою моста. Оскільки відстань від коліс лівого і правого борту до центру повороту різна, ці колеса під час повороту рухаються по різних радіусах і проходять різні шляхи.

Для забезпечення руху ведучих задніх коліс по різних радіусах без ковзання і буксування, використовується диференціал, який дозволяє компенсувати різницю в швидкості обертання коліс. Для передніх керованих коліс, рух без ковзання забезпечується тим, що ці колеса повертаються на різні кути: внутрішнє колесо повинно бути повернуте на більший кут, а зовнішнє — на менший, що дозволяє досягти необхідної геометрії повороту.

Додатково, для полегшення маневреності, в деяких конструкціях використовуються адаптивні системи, які змінюють кут повороту в залежності від швидкості руху або умов дорожнього покриття. Це забезпечує ще більшу

стабільність та комфорт при поворотах, особливо при високих швидкостях або на складних ділянках дороги.

Не залежно від того який радіус повороту повинна виконуватись умова:

$$\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha = \frac{B}{L}, \quad (1.1)$$

де α і β — кути повороту внутрішнього та зовнішнього колеса відповідно; B — ширина колії; L — база транспортного засобу (відстань між осями передніх і задніх коліс).

Відстань R від центру повороту (точка O) до середини заднього моста називається радіусом повороту. Для першої схеми радіус повороту можна визначити за допомогою наступного виразу:

$$R = L \cdot \frac{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta}{2}. \quad (1.2)$$

Досягнення необхідного співвідношення між кутами α і β забезпечується використанням чотирьохланкового шарнірного механізму для повороту цапф керованих коліс, який називається рульовою трапецією. У тракторах із змінною шириною колії ці співвідношення дотримуються з достатньою точністю лише при певному розміщенні коліс, для якого були підібрані параметри рульової трапеції. Зміна ширини колії в будь-яку сторону призводить до бокового ковзання керованих коліс під час повороту.

Друга схема повороту (рис. 1.2, б) застосовується на колісних тракторах загального призначення з чотирма ведучими колесами однакового діаметру. Поворот трактора в цій схемі здійснюється за допомогою переміщення піврам в горизонтальній площині разом з балками мостів 3, при цьому керування відбувається через гідроциліндр 9. Радіус повороту для цієї схеми можна визначити за допомогою наступного виразу:

$$R = l \cdot \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}, \quad (3)$$

де l — відстань від середини заднього моста до осі повороту піврам.

Зміна напрямку руху автомобіля здійснюється за допомогою системи рульового керування (рис. 3), що дозволяє водієві передавати обертання керма на колеса, змінюючи траєкторію руху транспортного засобу.

Система рульового керування складається з рульового колеса, рульового валу, рульового механізму та рульових тяг.

Існує два типи систем рульового керування (рис. 1.3):

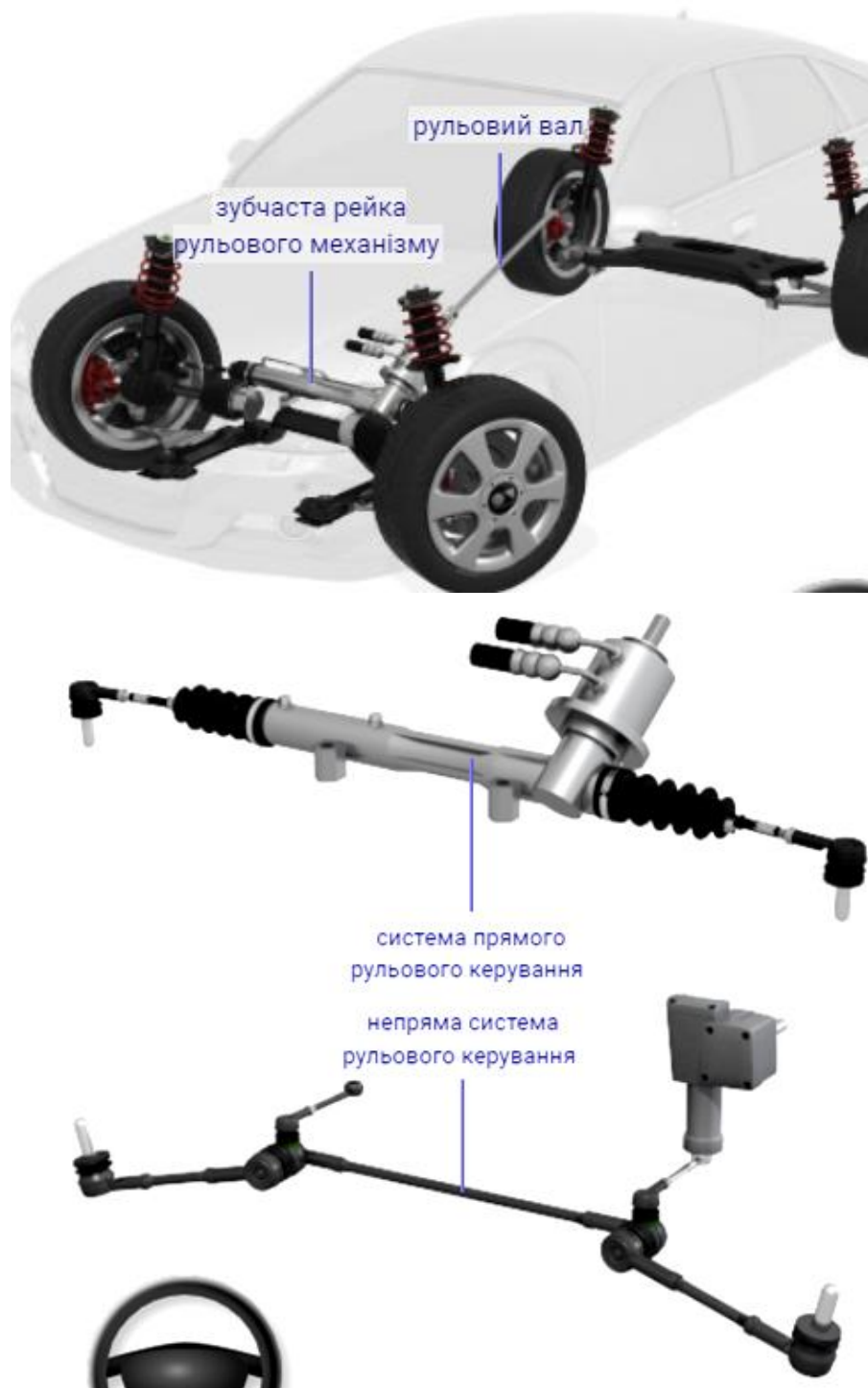


Рисунок 1.3 – Системи рульового керування.

- Система прямого рульового керування (рульова рейка, англ. steering rack).

- Непряма система рульового керування (англ. steering box).

На легкових і легких вантажних автомобілях рульова рейка встановлюється безпосередньо між рульовими тягами, що називається прямим рульовим керуванням. У важких промислових автомобілях рульовий механізм керує системою тяг, що передають зусилля на бокові рульові тяги, що визначає непряму систему рульового керування.

Система прямого рульового керування (рис. 1.4) отримала свою назву завдяки прямій передачі руху між рульовим валом та рульовими тягами.

Водій взаємодіє з цією системою через рульове колесо та рульову колонку. Рульова колонка з'єднується з рульовою рейкою за допомогою короткого рульового валу.

Перевага системи прямого рульового керування полягає в її простоті, оскільки вона не потребує складної конструкції рульових тяг.

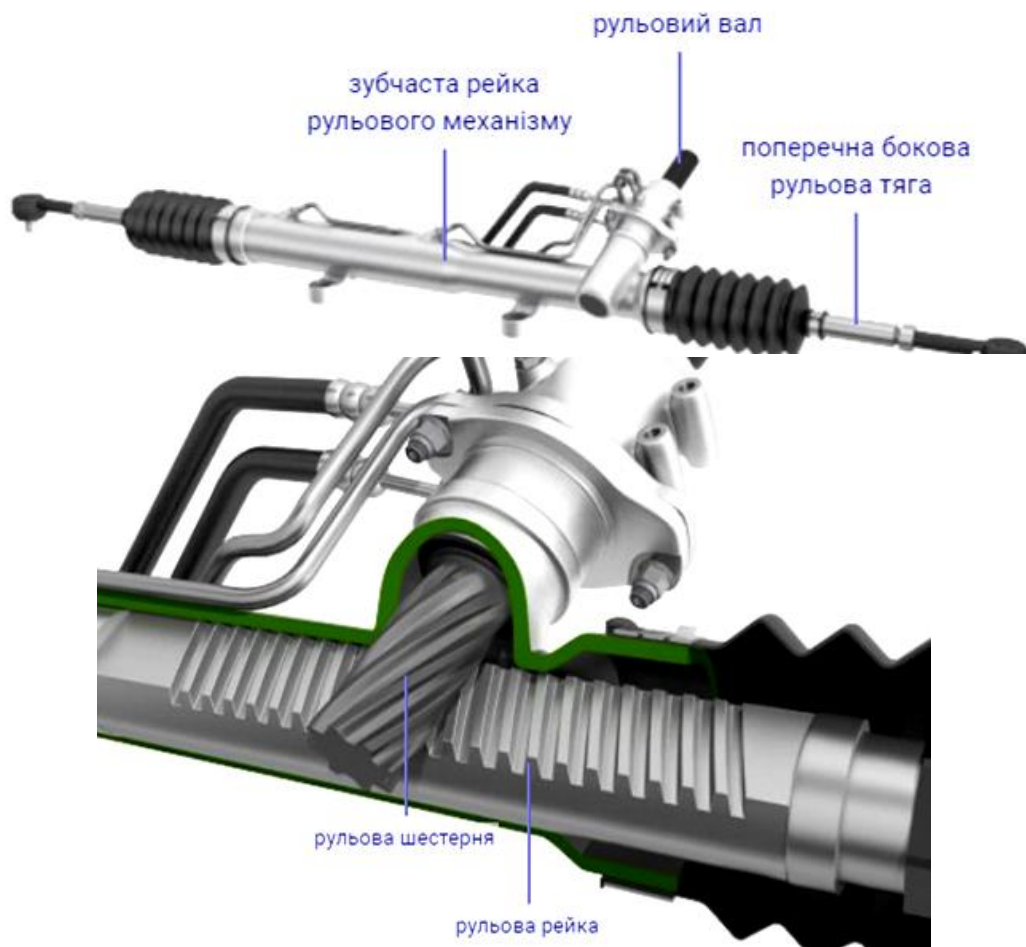


Рисунок 4 – Система прямого рульового керування.

Рульове колесо управляє рульовою колонкою, яка через короткий рульовий вал і шестерню з'єднана з рульовою рейкою. Шестерня рульового механізму передає зусилля на рульові тяги через зубчасту рейку. Разом шестерня і зубчаста рейка перетворюють обертальний рух рульового колеса на поперечний рух рейки та тяг.

Корпус рульової рейки заповнений пластичним мастилом, що забезпечує її змазування.

Основною особливістю системи непрямого рульового керування (рис. 1.5) є наявність тягової системи, яка з'єднує рульовий механізм з колесами. Водій взаємодіє з рульовим механізмом через рульовий вал та рульове колесо. Рульовий механізм передає зусилля на рульову сошку (Pitman arm). Рульова сошка, центральна тяга і поворотний рульовий маятник (auxiliary steering arm) забезпечують рух бокових рульових тяг вперед і назад. При цьому рульова сошка відповідає лише за керування центральною тягою, яка передає рух на поперечні рульові тяги, що в свою чергу приводять колеса в рух.

Основною перевагою непрямого рульового керування є гнучкість у виборі місця розташування рульового механізму в автомобілі.

Рециркуляційний кульковий рульовий механізм (тип гвинт-гайка-рейка-сектор) (рис. 5) є популярною системою непрямого рульового керування. Цей механізм складається з двох валів, розташованих під прямим кутом один до одного. Рульовий вал передає зусилля до редуктора, а вал сошки передає обертання безпосередньо на сошку.

На валу рульового механізму рухається гайка з нарізаними зубцями, а між валом і гайкою циркулюють кульки, які передають зусилля. Кульки рухаються по гвинтовій канавці на валу, в результаті чого гайка з зубцями переміщається вздовж нього.

Гайка з зубцями приводить у рух зубчастий сектор, який з'єднаний з валом рульової сошки.

Рульовий механізм заповнений оливою, що забезпечує його змазування.

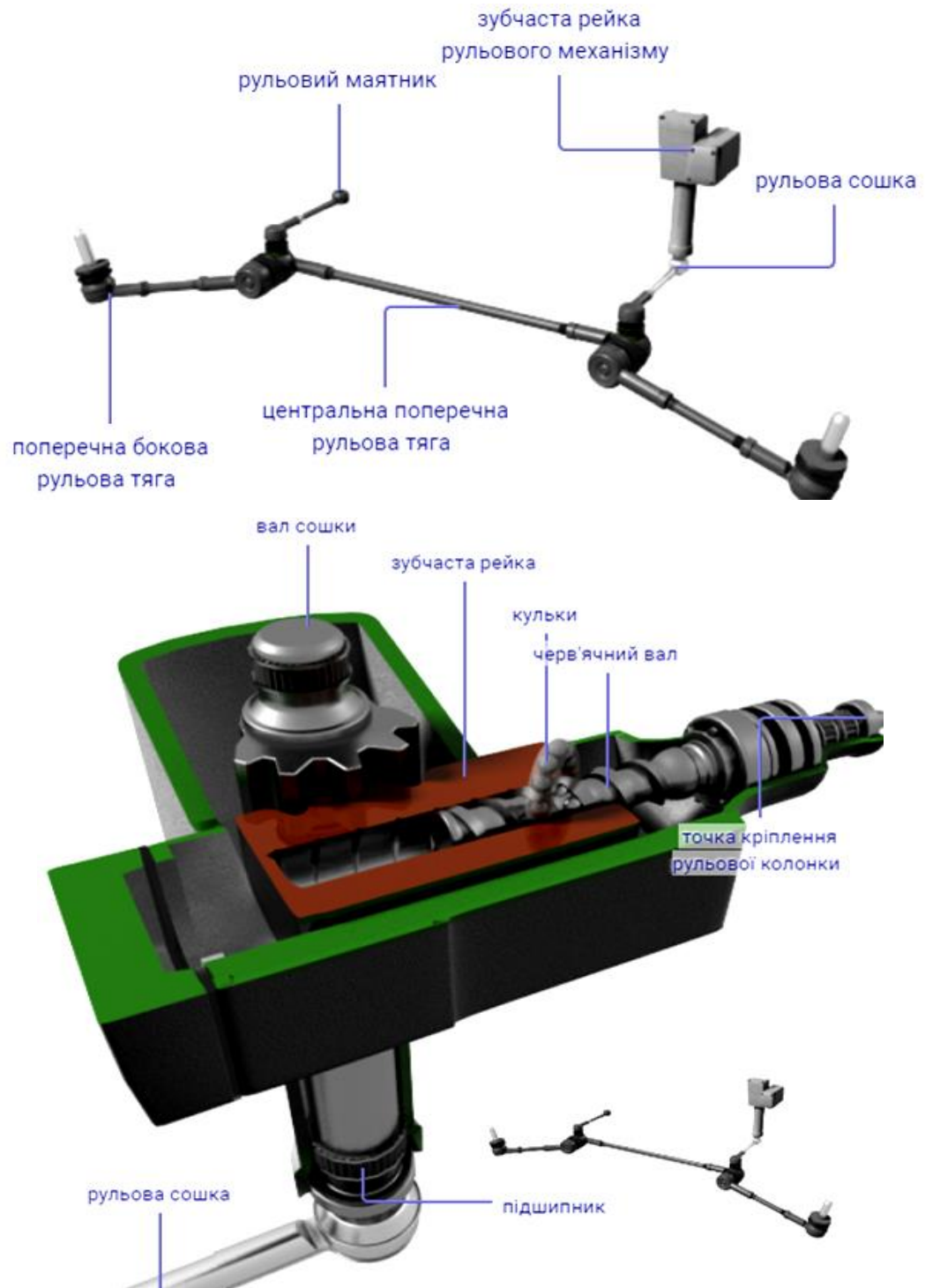


Рисунок 1.5 – Система непрямого рульового керування

Підсилювач керма (рис. 1.6). Коли навантаження на керовані колеса стає надмірним, рульове керування ускладнюється. Для полегшення управління необхідна додаткова потужність, що забезпечується підсилювачем керма. Існують три основні типи систем:

- Гідравлічний підсилювач керма: гідравлічний насос, що приводиться в рух двигуном.

- Електрогідравлічний підсилювач керма: гідравлічний насос, що приводиться в дію електричним двигуном.
- Електропідсилювач керма: на сьогодні цей тип підсилювача набуває все більшого поширення.

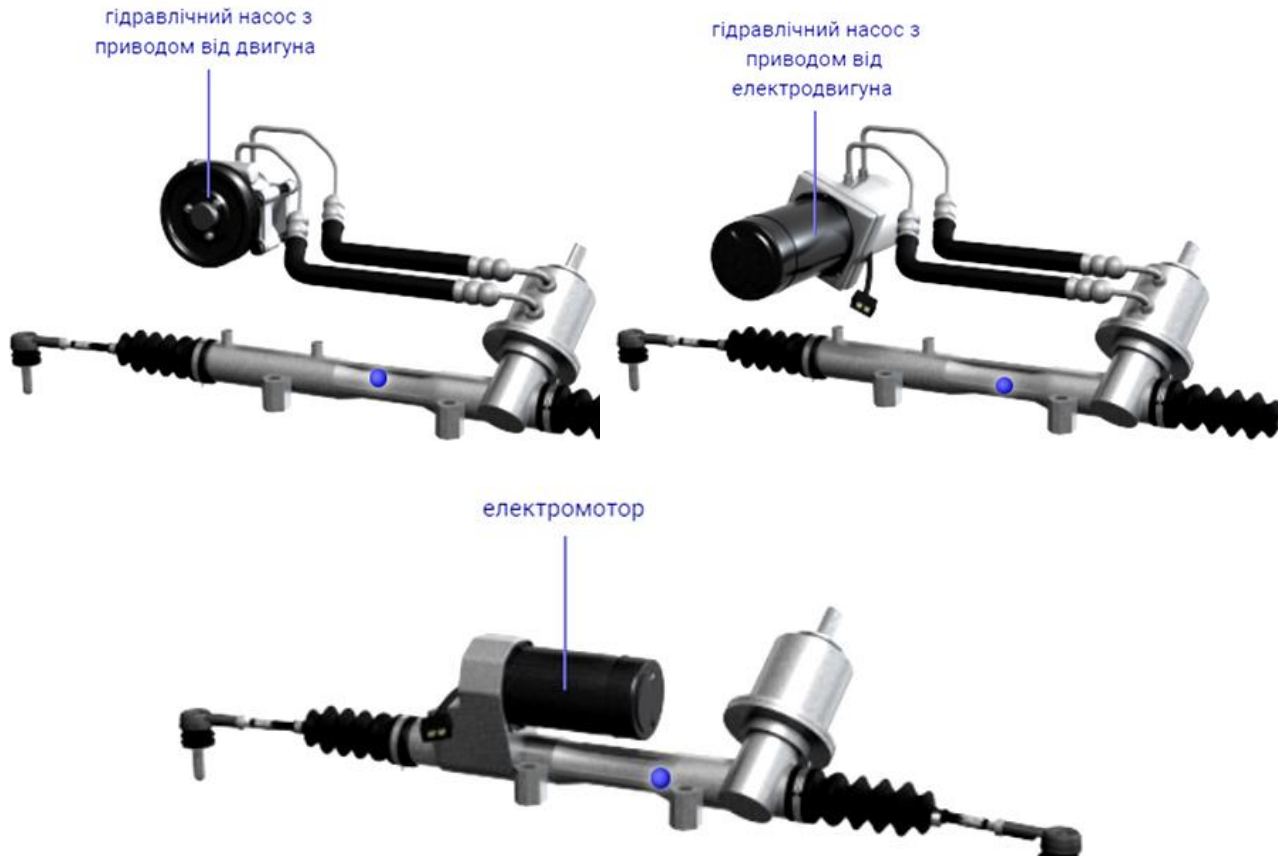


Рисунок 5 – Рульове керування з підсилювачем

Підсилювач керма полегшує управління транспортним засобом, дозволяючи водієві обертати кермо без значних зусиль під час поворотів. Підсилювач працює лише під час маневрування, а не під час руху прямо.

Підсилювач керма є частиною системи рульового керування. Його ефективність залежить від швидкості руху:

- При високій швидкості ефективність підсилювача зменшується.
- При низькій швидкості ефективність підсилювача збільшується.

У рульовому механізмі обертовий рух рульової тяги передається на черв'ячний вал, який рухає рульову рейку. Рульова рейка, як поршень, рухається вгору і вниз у механізмі. Олива, що рухається, переміщує поршень (рейку та шестерню), і завдяки тиску оливи забезпечується легкість обертання керма. Цей механізм і є підсилювачем керма (рис. 1.6).

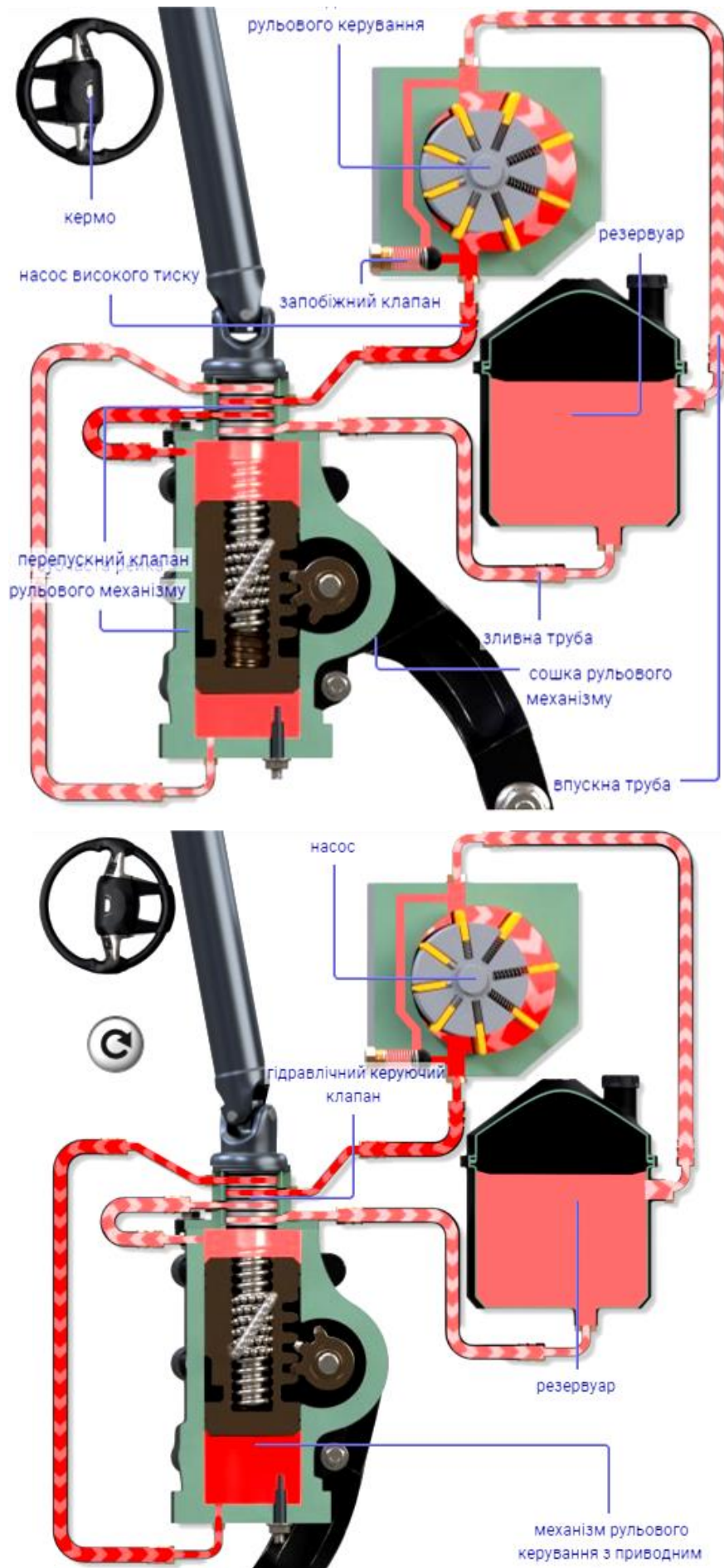


Рисунок 6 – Гідралічний підсилювача керма.

Тиск оливи рухає поршень вгору і вниз. Коли кермо повертається вліво, тиск оливи в нижній камері рульового механізму збільшується, і сошка переміщується ліворуч. Олива з верхньої частини поршня повертається до резервуара через гідравлічний клапан і зливну трубу.

Якщо кермо повертається праворуч, тиск оливи в верхній камері рульового механізму збільшується, і сошка рухається праворуч. Олива в нижній частині поршня повертається до резервуара через гідравлічний клапан і зливну трубу.

Гідравлічний підсилювач керма розміщений в механізмі рульового керування. Олива зберігається без тиску в резервуарі, і насос забирає її з резервуара, закачуючи в систему. У рульовому механізмі є гідравлічний клапан і циліндр приводу. При обертанні керма клапан керування напрямком встановлюється в певне положення, регулюючи подачу оливи в ліву або праву сторону.

Олива переміщує поршень в циліндрі, і цей рух передається на колеса. У механізмі рульового керування знаходиться торсіон, або керуючий клапан, який з одного боку з'єднаний з рульовою тягою, а з іншого — з черв'ячним валом. Поворот керма викликає обертання торсіона. На черв'ячному валі є поворотна втулка, а під нею — внутрішня втулка, яка встановлена на рульовому валі. Поворотна і внутрішня втулки керують потоком оливи до поршня в рульовому механізмі, таким чином визначаючи ступінь підсилювача керма.

1.4 Шляхи покращення керованості автомобілів

Для покращення керованості автомобіля важливими є різні аспекти конструкції та налаштування, які безпосередньо впливають на стабільність, маневреність і комфорт водія. Основні шляхи покращення керованості включають:

1. Поліпшення системи рульового керування: Це досягається через впровадження більш точних і чутливих механізмів рульового керування, таких як рульові рейки з електропідсилювачем або гідравлічні системи, що зменшують зусилля водія при поворотах і знижують втомлюваність. Також можна використовувати рульові механізми, які зменшують люфт керма, що покращує точність і чутливість управління.

2. Оптимізація геометрії підвіски: Правильне налаштування кута розвалу, сходження коліс, кута нахилу осі повороту і інших параметрів підвіски дозволяє покращити стабільність автомобіля на різних швидкостях. Наприклад, зменшення кута розвалу коліс під час руху допомагає знизити знос шин і покращити зчеплення з дорогою, що позитивно впливає на керованість.

3. Зменшення центру тяжіння: Розташування важких компонентів автомобіля (наприклад, двигуна або акумулятора) якомога нижче і ближче до осі руху допомагає знизити ризик перевертання і покращити стійкість автомобіля, особливо при проходженні поворотів.

4. Поліпшення аеродинамічних характеристик: Зниження аеродинамічного опору та підвищення притискної сили через вдосконалення форми кузова, установку спойлерів та дифузорів допомагає зберігати стабільність автомобіля на високих швидкостях. Це важливо не тільки для спортивних автомобілів, але й для зниження впливу бічного вітру на керованість.

5. Оптимізація вагового балансу: Рівномірний розподіл ваги між передніми та задніми осями дозволяє досягти кращої маневреності, знижуючи ймовірність перевертання автомобіля і покращуючи його відгук на кермо. Це досягається через стратегічне розташування компонентів, таких як акумулятори та двигун.

6. Покращення шин: Використання шин з більш стабільними характеристиками, що мають високу стійкість до зносу і краще зчеплення з дорогою, значно покращує керованість. Наприклад, шини з більш м'яким

складом забезпечують краще зчеплення на сухих і мокрих поверхнях, а більш жорсткі шини — стабільність на високих швидкостях.

7. Управління електронікою автомобіля: Впровадження сучасних електронних систем допомагає поліпшити стабільність і керованість. Системи, такі як електронне управління стабільністю (ESC), антиблокувальна система гальм (ABS) і система розподілу гальмівних зусиль (EBD), автоматично коригують рух автомобіля, запобігаючи його заносам і підвищуючи безпеку.

8. Покращення підвіски: Встановлення підвісок з адаптивними амортизаторами або використання систем активної підвіски дозволяє змінювати жорсткість підвіски в залежності від умов руху. Це покращує комфорт, стабільність і точність керування.

9. Вибір типу кузова і його конструктивних характеристик: Для поліпшення керованості важливо правильно вибрати тип кузова автомобіля. Спортивні автомобілі, наприклад, часто мають знижений центр тяжіння, ширшу колію і жорсткішу підвіску для кращої стабільності та маневреності.

Інтеграція всіх цих аспектів в конструкцію автомобіля дозволяє значно підвищити його керованість, забезпечуючи не тільки комфортне, але й безпечне водіння в різних дорожніх умовах.

У вантажних автомобілях часто застосовуються кілька керованих осей, що дозволяє збільшити вантажопідйомність транспортного засобу. Керовані осі виконують кілька важливих функцій:

- Збільшують термін експлуатації шин.
- Забезпечують можливість маневрування.
- Дозволяють виконувати повороти на невеликих радіусах.

Вантажівки можуть мати різні типи керованих осей (рис. 1.7):

- Передні керовані осі (рис. 8а). Деякі вантажні автомобілі оснащені двома керованими передніми осями, причому друга передня вісь з'єднується з першою через дві рульові сошки. Такі вантажівки здатні витримувати великі навантаження на передній частині. Прикладом такого типу автомобіля є бетоно-змішувач.

- Задні подвійні привідні осі (рис. 1.76). У вантажних автомобілях з подвійною передньою віссю також часто є можливість зробити одну з осей керованою. У таких автомобілях можуть бути дві керовані осі: передня та задня подвійна вісь, причому ці осі керуються за допомогою гідравлічних циліндрів.

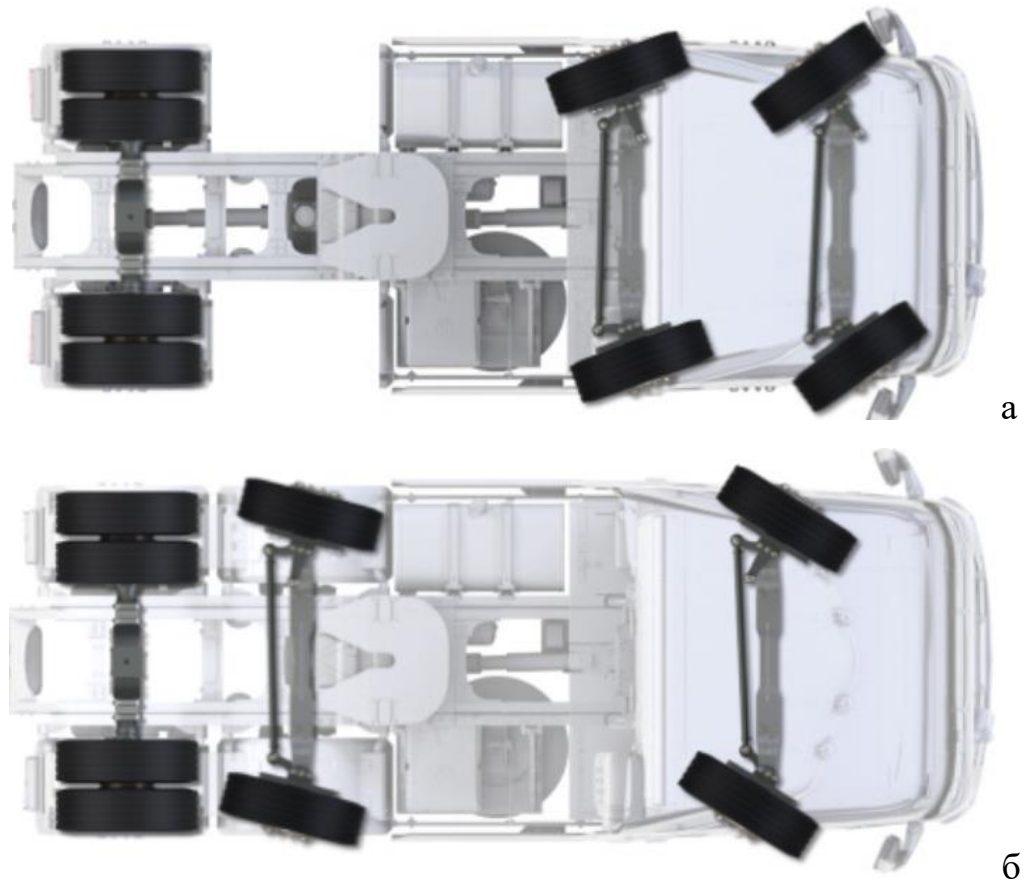


Рисунок 7 – Керовані осі.

Вантажні автомобілі з таким компонуванням мають високу маневреність в поворотах. Прикладом такого автомобіля є будівельний автокран, оснащений задньою привідною подвійною віссю.

Наявність керованих осей визначається залежно від призначення транспортного засобу.

1.5 Обґрунтування теми роботи

Вибір теми обумовлений кількома важливими факторами, що стосуються якості, безпеки та економічності експлуатації автомобілів. Установка

правильних кутів коліс є важливою складовою налаштування підвіски та кермового управління, що безпосередньо впливає на керованість, знос шин, стабільність руху, а також на паливну економічність.

Надзвичайно важливою є точність процесу, оскільки навіть незначні відхилення від рекомендованих параметрів можуть призвести до підвищеного зносу шин, погіршення маневреності автомобіля та зниження безпеки на дорозі. Враховуючи швидкий розвиток автомобільної технології та постійне вдосконалення конструкцій, з'являються нові методи і технології, що дозволяють покращити точність і ефективність процесу установки кутів коліс.

Тема також має велике практичне значення для автосервісів і виробників, оскільки вдосконалення технологічного процесу може сприяти зниженню витрат на обслуговування автомобілів, збільшенню їхнього ресурсу та покращенню експлуатаційних характеристик. Тому актуальність цієї теми полягає в необхідності впровадження інноваційних рішень для підвищення точності, швидкості і економічності налаштування кутів коліс легкових автомобілів.

Актуальність теми також зростає на тлі зростаючої уваги до екологічних вимог і зниження витрат пального, оскільки некоректна установка кутів коліс може збільшувати опір руху, що призводить до перевитрати пального. Зокрема, неправильне налаштування кутів може спричинити нерівномірний знос шин, що в свою чергу також впливає на ефективність пального і зменшує ресурс коліс.

У сучасних умовах, коли на ринку з'являються нові автомобілі з високотехнологічними підвісками та системами керування, необхідно удосконалювати технологічні процеси, щоб забезпечити точність та ефективність таких налаштувань. Вдосконалення технологічного процесу установки кутів коліс дозволяє знижувати витрати на обслуговування автомобілів та продовжувати термін їх служби, підвищуючи комфорт і безпеку водіїв та пасажирів.

Окрім того, враховуючи розвиток автоматизованих систем налаштування підвіски та кутів коліс, стає важливим удосконалення технічних процесів і розробка нових підходів до регулювання геометрії коліс у виробничих і сервісних умовах. Враховуючи всі ці аспекти, вдосконалення технології установки кутів коліс не тільки підвищує безпеку та економічність, але і відповідає вимогам сучасної автомобільної індустрії, зокрема, стандартам якості та екологічним нормам.

Правильне встановлення кутів коліс автомобіля має важливе значення для забезпечення безпеки, ефективності руху та надійності транспортного засобу. Це дозволяє забезпечити стабільність і керованість автомобіля, оскільки неправильно налаштовані кути можуть призвести до нестабільного руху, особливо на високих швидкостях або під час різких поворотів. Також неправильне налаштування може викликати нерівномірний знос шин, що зменшує їхній термін служби та погіршує комфорт при їзді.

Неправильне встановлення кутів коліс також може збільшити витрату пального, оскільки колеса, що не мають правильної орієнтації, створюють додатковий опір на дорозі. Це веде до підвищеного споживання пального. Окрім цього, неправильно налаштовані кути можуть прискорити знос підвіски та інших деталей автомобіля, що вимагає дорогих ремонтів. Водночас правильне налаштування кутів коліс підвищує безпеку на дорозі, дозволяючи автомобілю краще реагувати в екстремальних ситуаціях, таких як погані погодні умови.

Налаштовані правильно кути коліс також покращують комфорт для водія та пасажирів, оскільки це усуває вібрації та забезпечує плавний рух. Для комерційних автомобілів, таких як вантажівки, правильне встановлення кутів коліс позитивно впливає на продуктивність і витрати пального, оскільки ці транспортні засоби часто працюють на великих відстанях і при великих навантаженнях. Усі ці фактори роблять перевірку та корекцію кутів коліс важливою частиною технічного обслуговування автомобіля для забезпечення його ефективної та безпечної експлуатації.

2 УСТАНОВКА КУТІВ КОЛІС, АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ

2.1 Визначення основних параметрів рульового керування

Основні параметри кутів установки коліс є важливими для забезпечення належної керованості, стабільності та зносостійкості автомобіля. Вони впливають на ефективність руху, знос шин та комфорт при їзді. Основними параметрами кутів установки коліс є:

Кут кастора визначає кут між вертикальною осью і осью повороту переднього колеса. Це важливий параметр для стабільності автомобіля на прямій ділянці дороги. Кут кастора допомагає забезпечити авто самовирівнювання після повороту. Занадто великий або малий кут може призвести до поганої керованості або підвищеного зносу шин.

Кут нахилу осі колеса (кут нахилу колеса) — це кут між вертикальною лінією та площиною колеса. Цей параметр впливає на знос шин і стійкість автомобіля в поворотах. Великий кут нахилу забезпечує краще зчеплення з дорогою, особливо в умовах високих швидкостей.

Кут розвалу це кут між вертикальною осью колеса і лінією, що проходить через середину шини. Цей параметр визначає, як колеса «лягають» на дорогу під час руху, і має великий вплив на знос шин. Занадто великий кут розвалу може призвести до нерівномірного зносу шин і погіршення керованості.

Кут схилю це кут між осью переднього колеса і лінією, що проходить через задню вісь колеса. Цей параметр визначає, як колеса взаємодіють з дорогою і їхній ефект на маневреність автомобіля при різних швидкостях.

Параметри сходження коліс — це важливі параметри для збереження належної керованості. Вони визначають відстань між передніми або задніми колесами. Невірно налаштовані параметри сходження можуть призвести до підвищеного зносу шин і погіршення курсової стійкості.

Точна настройка цих параметрів важлива для забезпечення безпеки, стабільності та економії пального, а також для запобігання передчасному

зносу деталей підвіски та шин. Регулярне перевіряння і коригування цих параметрів є обов'язковим етапом обслуговування автомобіля.

Для того щоб автомобіль міг проходити повороти без зайвого зносу шин, усі чотири колеса повинні обертатися навколо умовної спільної точки, що називається «узгодженим рульовим керуванням». Керований міст автомобіля оснащений двома шкворневими осями поворотних цапф, що означає, що кожне з керованих коліс має свою власну точку повороту. Під час руху в повороті внутрішнє колесо на керованій осі повертається під більшим кутом, ніж зовнішнє. Це пояснюється тим, що колесо, яке ближче до центру повороту, рухається по меншому радіусу кола. Відмінність у кутах повороту керованих коліс називається «зворотне сходження в поворотах». Якщо одне з чотирьох коліс встановлено під неправильним кутом, то виникає неузгодженість кута повороту коліс, і умовна точка повороту зникає (рис. 2.1).

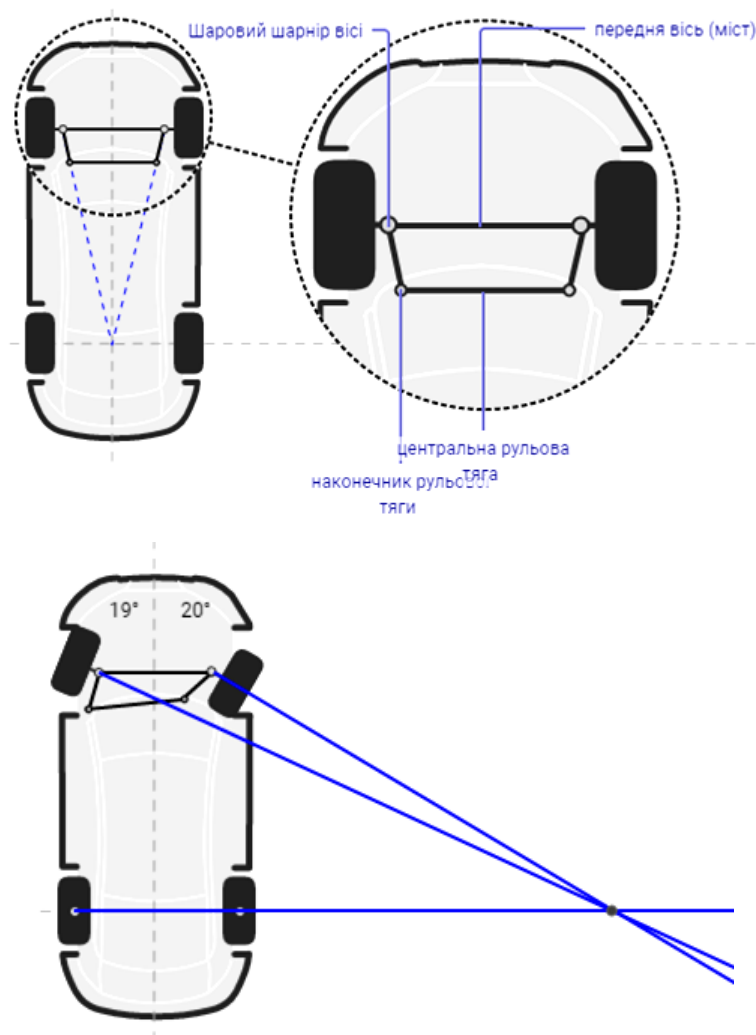


Рисунок 2.1 – Зворотне сходження в поворотах

Для досягнення найбільш точного узгодження кутів повороту коліс зазвичай застосовують геометрію рульового приводу Акермана. Ця система рульового керування використовує шкворневі осі поворотних цапф, оснащені системою тяг. Система тяг організована так, що коли колеса знаходяться в положенні для прямолінійного руху, лінії, що проходять через шарніри на осі та наконечники рульової тяги кожного колеса, перетинаються в точці, що знаходиться на середині задньої осі.

У цьому випадку точка повороту колеса не збігається з центром плями контакту, а знаходиться на осі шкворневої поворотної цапфи. За умови узгодженого рульового керування, яке побудоване за принципами рульового приводу Акермана, типові кути зворотного сходження при повороті становлять 19° для колеса, яке розташоване далі від центру повороту, і 20° для колеса, ближчого до нього. Якщо колісна база автомобіля змінюється, то необхідно відповідно коригувати і конфігурацію рульового керування. При збільшенні колісної бази центральні лінії, що проходять через шарніри осі і наконечники рульових тяг кожного колеса, вже не зможуть перетнутися в середині задньої осі. У такому разі довжина рульової тяги повинна бути збільшена, щоб ці лінії знову перетнулися в середині задньої осі.

Співвісність кочення задніх коліс відносно передніх є важливим аспектом забезпечення стабільного прямолінійного руху транспортного засобу. Якщо подивитись на автомобіль зверху, стає очевидно, що для досягнення цього результату задні колеса повинні співвідноситися з колією передніх коліс (рис. 2.2).

Від того, чи є вісь ведучою, залежить, чи буде *сходження коліс направлене назовні або всередину*.

Ведуча вісь має негативне сходження. Коли автомобіль рухається вперед, на протекторі шин виникає сила в напрямку руху, що генерує крутний момент у підвісці. Довжина важелів підвіски визначає плече дії цієї сили, внаслідок чого колеса намагаються рухатися вперед відносно кузова. Це призводить до того, що під час руху колеса прагнуть до нейтрального сходження.

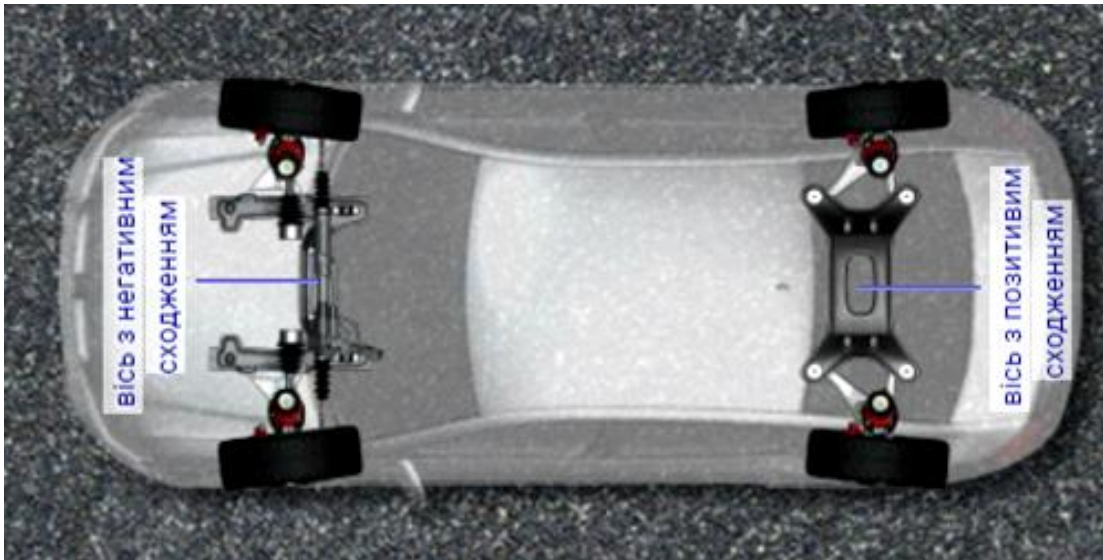


Рисунок 2.2 – Сходження коліс

Ведена вісь має позитивне сходження, ефект якої є протилежним до ведучої осі, створюючи крутний момент в протилежному напрямку.

Сучасні автомобілі практично не потребують компенсації сходження, оскільки підвіска стала жорсткішою і здатна компенсувати ці зміщення без значних втручань.

2.2 Опис кутів установки коліс

Кут розвалу коліс (Camber) визначається як кут між вертикальною площиною і площиною обертання колеса. Цей кут впливає на контакт колеса з дорогою під час руху автомобіля. Якщо верхня частина колеса нахилена назовні, кут вважається позитивним, що сприяє кращому контакту з дорожнім покриттям під час завантаження автомобіля, зокрема при поворотах або при високих навантаженнях (рис. 2.3).

Правильний негативний кут розвалу забезпечує стабільність руху в поворотах, оскільки він дозволяє колесам краще контактувати з дорогою під час маневрів. Оптимальний кут розвалу колеса зазвичай знаходиться в межах від 0 до 2 градусів негативного значення, що дозволяє покращити керування і зменшити знос шин при нормальному режимі руху.



Рисунок 3 – Кут розвалу коліс.

Кут розвалу коліс (Camber) відіграє важливу роль у стабільності і керуваності автомобіля, особливо під час поворотів. Позитивний кут розвалу, коли верхня частина колеса нахилена назовні, забезпечує рівномірний контакт колеса з дорогою, коли автомобіль завантажений, що дозволяє зменшити знос внутрішньої частини шини. Це корисно, наприклад, при великому вантажу на задній осі вантажівки або при високих швидкостях на рівних дорогах.

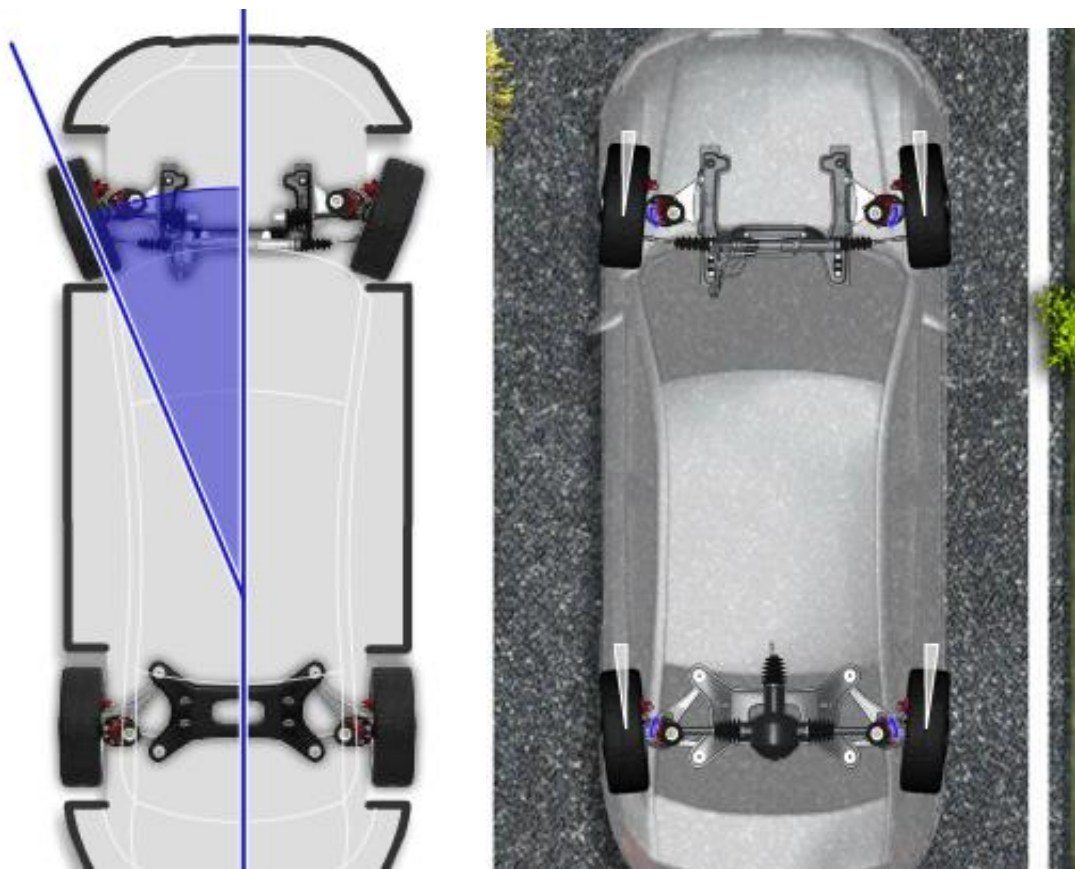
Негативний кут, коли верхня частина колеса нахилена всередину, зазвичай використовують для покращення стабільності під час руху автомобіля в поворотах. Це дозволяє колесам краще слідувати за контуром дороги і забезпечує більший контакт з поверхнею під час маневрів, що є особливо важливим при агресивному водінні або спортивних автомобілях.

Правильне налаштування кута розвалу також може значно впливати на довговічність шин і їх знос. Занадто великий або маленький кут може призвести до нерівномірного зносу шин, погіршення керуваності і збільшення споживання пального. Тому важливо проводити регулярну перевірку і налаштування кута розвалу коліс відповідно до специфікацій виробника автомобіля.

Крім того, кут розвалу може залежати від типу автомобіля, його призначення та умов експлуатації. Для спортивних автомобілів або

автомобілів з підвищеними вимогами до маневреності, наприклад, кут розвалу може бути налаштований з урахуванням більш агресивного стилю водіння. З іншого боку, для вантажних автомобілів або транспортних засобів, що використовуються для перевезення великих вантажів, може бути доцільним застосування іншого кута розвалу для зменшення зносу шин при великих навантаженнях.

Сходження (кут тяги) — це кут між центральною повздовжньою лінією автомобіля та центральною лінією колеса. Це важливий параметр, який визначає, як колеса орієнтовані щодо руху автомобіля. Від'ємне сходження застосовується на ведучих осях, де зазвичай використовують значення, близькі до 0 градусів, особливо на автомобілях з жорсткими підвісками. При русі автомобіля вперед на протекторах шин виникає сила в напрямку руху, що створює крутний момент на підвісці. Плече цієї сили визначається довжиною важелів підвіски. Колеса намагаються рухатися вперед відносно кузова, що призводить до переходу в нейтральне або нульове сходження під час руху.



а)

б)

Рисунок 4 – Кут сходження а), передній привід б).

Додатне сходження, яке використовують на ведених осях, зазвичай складає 0-2 градуси. При такому налаштуванні крутний момент діє в протилежному напрямку, що призводить до зміщення коліс у бік нейтрального сходження. Такий ефект застосовують для поліпшення стійкості автомобіля на дорозі, особливо при підвищених навантаженнях або в умовах високих швидкостей.

Сходження також має важливе значення для зносостійкості шин. Неправильне налаштування цього параметра може призвести до нерівномірного зносу шин, погіршення керуваності автомобіля та підвищення споживання пального. Для забезпечення оптимальної роботи автомобіля важливо враховувати тип підвіски, особливості експлуатації та навантаження при налаштуванні кута сходження.

Вісь повороту колеса завжди проходить через дві точки, і лінія, проведена між цими точками, визначає вісь обертання колеса. Перпендикуляр до дороги — це лінія, що утворює кут 90° з дорожнім покриттям. Кут між віссю повороту колеса та перпендикуляром до дороги на бічній проекції транспортного засобу утворює так званий кут *поздовжнього нахилу поворотного шкворня колеса (Caster)* (рис. 2.5).

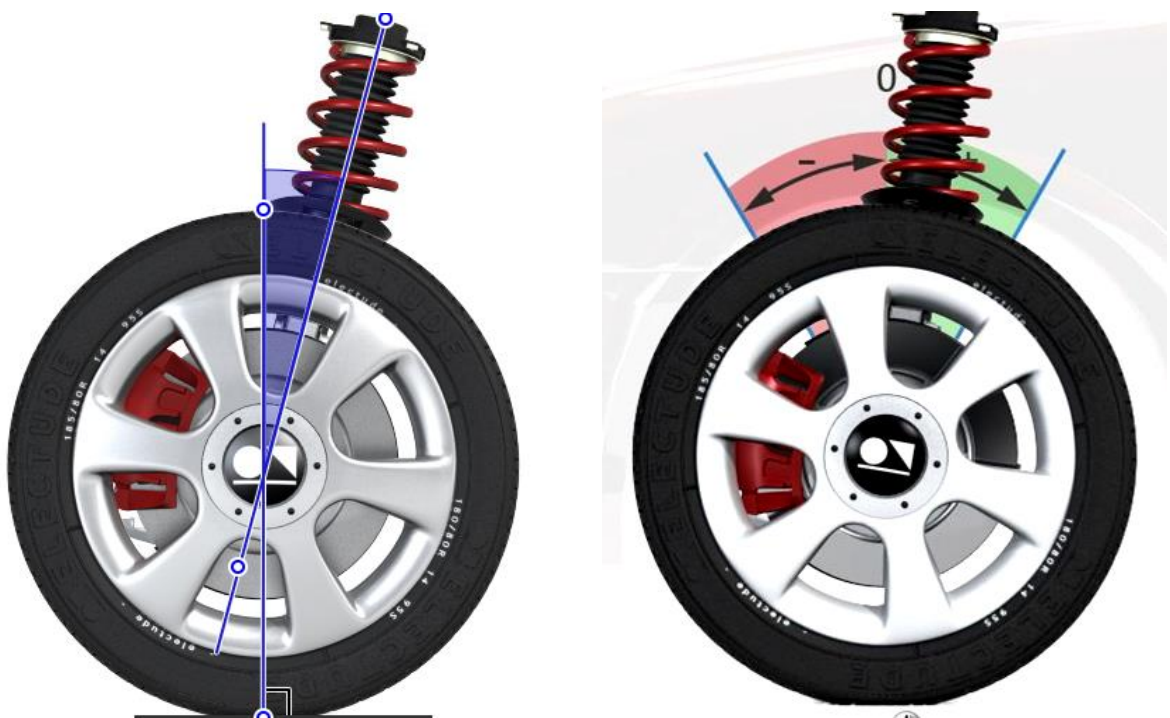


Рисунок 2.5 – Кастер (поздовжній нахил шворня)

Цей кут вимірюється за допомогою спеціального обладнання для регулювання кута розвалу та сходження. Кут поздовжнього нахилу поворотного шкворня має значний вплив на поведінку автомобіля. Існують два основних варіанти кута: позитивний і негативний. Більшість сучасних автомобілів оснащені позитивним кутом поздовжнього нахилу поворотного шкворня колеса.

При позитивному куті вісь обертання керованого колеса нахиляється назад, якщо дивитися на автомобіль збоку. Така конфігурація покращує стійкість руху вперед і полегшує повернення коліс до прямолінійного руху після проходження повороту. Це забезпечує більшу стабільність і комфорт при русі на високих швидкостях.

При негативному куті поздовжнього нахилу шкворня вісь обертання нахиляється вперед. Це спрощує управління транспортним засобом, роблячи його більш маневровим, що може бути корисно при низьких швидкостях або в умовах міського руху.

Зазвичай, оптимальний кут поздовжнього нахилу поворотного шкворня колеса становить 4° , що забезпечує гармонійний баланс між стабільністю і керованістю. Однак цей кут може змінюватися під впливом навантаження, коли автомобіль нахиляється назад через додаткову масу або присутність пасажирів. Якщо автомобіль неправильно завантажений або перевантажений, це може погіршити стійкість і маневровість, що негативно позначається на комфорті і безпеці. Підсумкова таблиця впливу кутів на поведінку автомобіля зведена у таблиці 2.1

Ця таблиця дозволяє узагальнити основні параметри налаштування геометрії коліс і їх вплив на стабільність, керованість, знос шин і комфорт руху автомобіля. Оптимальні значення можуть варіюватися залежно від типу автомобіля, умов експлуатації та рекомендацій виробника.

Таблиця 2.1 – Таблиця впливу кутів на поведінку автомобіля

Кут	Опис	Вплив на автомобіль	Рекомендоване значення
Кут розвалу (Camber)	Кут між вертикальною площиною та площиною обертання колеса.	<p>- Позитивний кут: покращує контакт із дорогою при завантаженні, зменшує знос внутрішньої частини шин.</p> <p>- Негативний кут: покращує стабільність у поворотах, забезпечує кращий контакт із дорогою під час маневрів.</p>	0–2° негативного
Кут сходження (Tracking)	Кут між центральною поздовжньою лінією автомобіля і центральною лінією колеса.	<p>- Від’ємне сходження: застосовується на ведучих осях для досягнення нейтрального сходження під час руху.</p> <p>- Додатне сходження: покращує стійкість на ведених осях, сприяє стабільності при високих швидкостях.</p>	0° (жорстка підвіска) 0–2°
Кут поздовжнього нахилу поворотного шкворня (Caster)	Кут між віссю повороту колеса і перпендикуляром до дороги, виміряний у бічній проекції.	<p>- Позитивний кут: покращує стійкість і сприяє поверненню керованих коліс до прямолінійного положення після повороту.</p> <p>- Негативний кут: підвищує маневровість автомобіля, корисний при низьких швидкостях і в умовах міського руху.</p>	≈ 4°
Радіус плеча обкатки	Відстань між точкою контакту колеса з дорогою і віссю повороту колеса.	<p>- Позитивний радіус: передні колеса розходяться під час гальмування, що ускладнює стабільність.</p> <p>- Негативний радіус: колеса сходяться під час гальмування, сприяє стабільності та протидії заносу.</p>	Негативний або мінімальний

2.3 Геометрія під час руху

КРІ. Вісь повороту повертається у двох точках. Якщо провести лінію між цими двома точками, ви отримаєте вісь повороту колеса (рис.2.6).

Перпендикуляр - це пряма, розміщена під 90 градусів до поверхні.

Кут між віссю повороту колеса та перпендикуляром до дороги, якщо дивитися спереду автомобіля, утворює кут нахилу шворня. Цей кут, як правило, становить близько 12° як вправо, так і вліво.

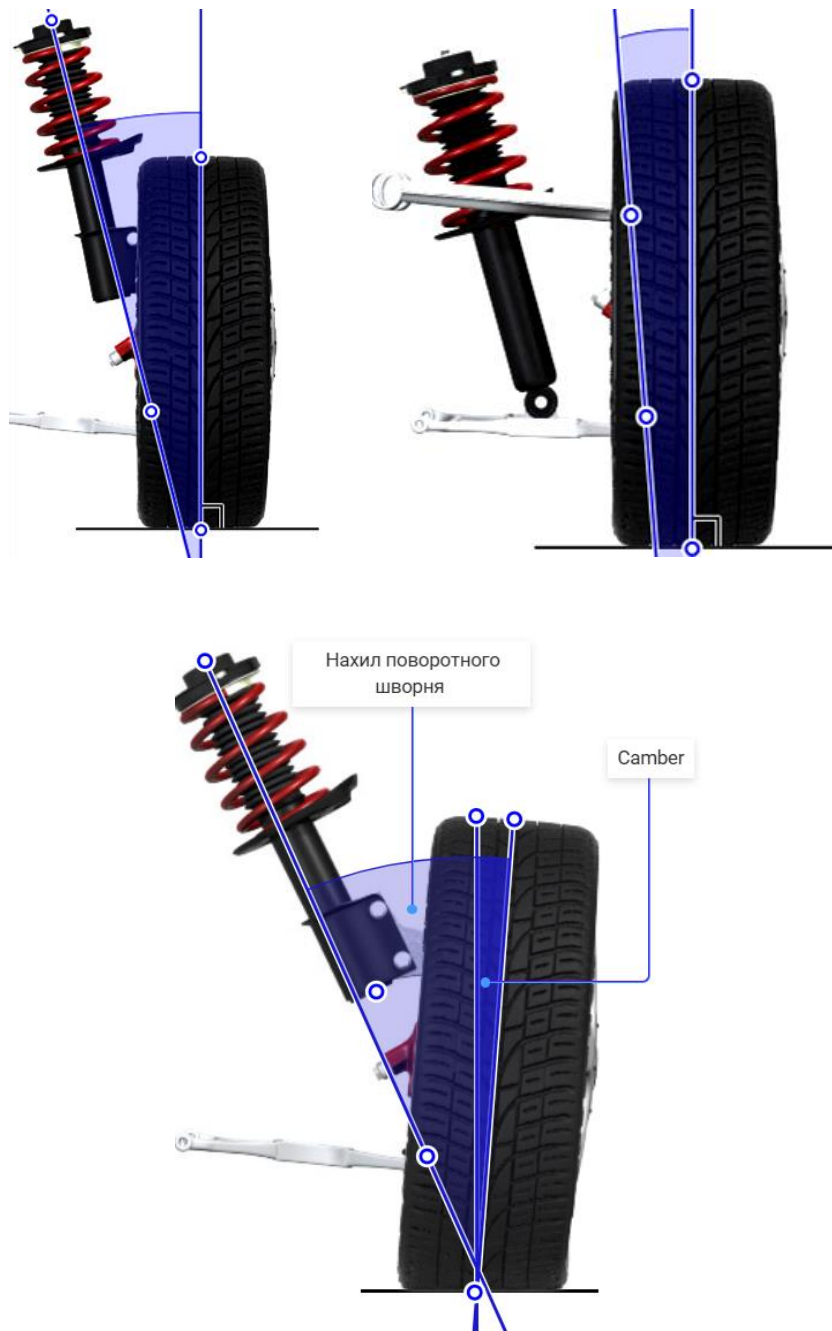


Рисунок 2.6 – Поперечний кут нахилу шворня

Під час руху, після проходження автомобілем повороту, за рахунок нахилу шворня забезпечується повернення колеса до прямолінійного руху. Колеса повертаються навколо поворотної осі, яка знаходиться під кутом. Це змушує шасі підніматися, коли колеса повертаються.

Після проходження повороту вага транспортного засобу повертає колеса до прямолінійного руху. Чим більший кут нахилу шворня, тим більшим буде цей ефект. (рис. 2.7)

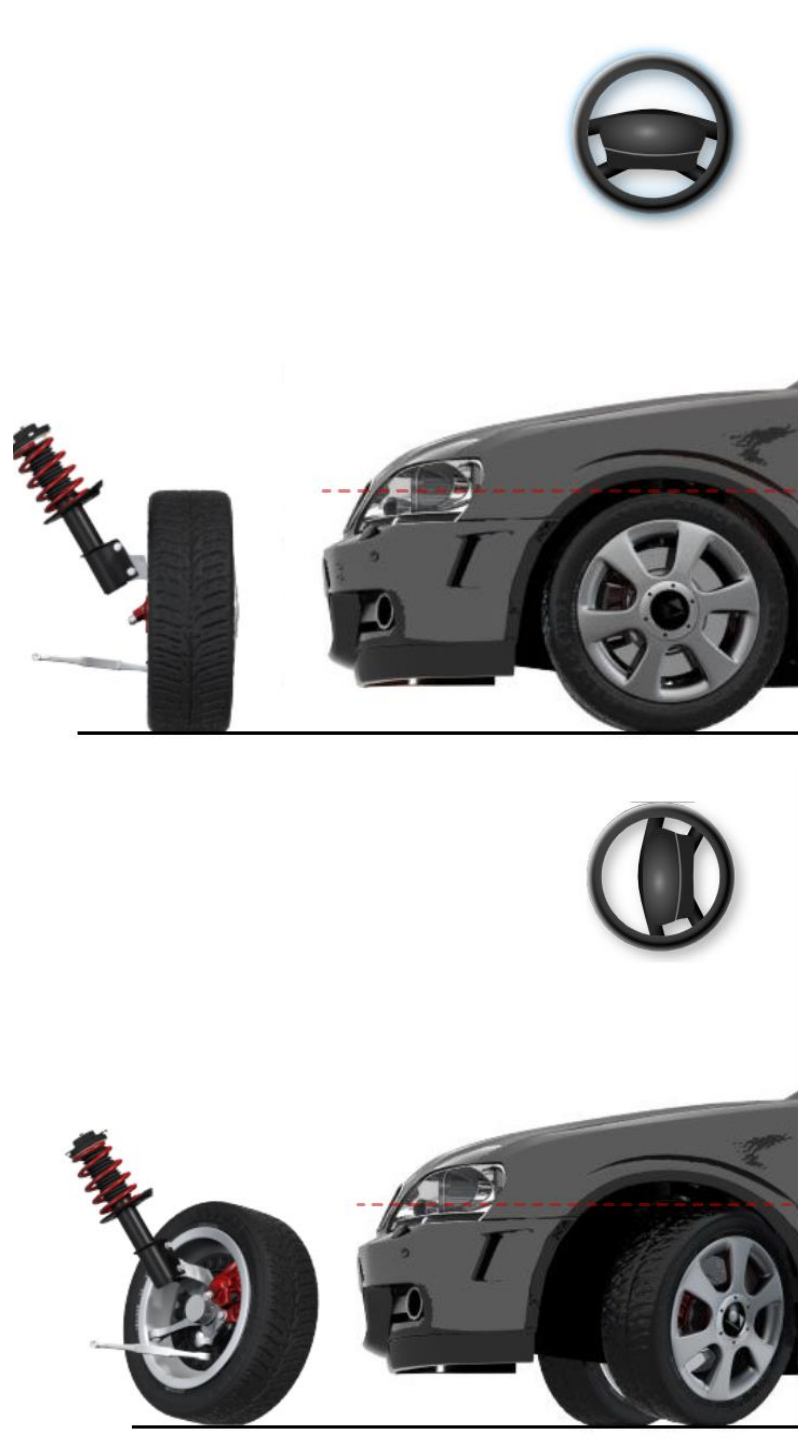


Рисунок 2.7 – Повернення колеса до прямолінійного руху

Радіус плеча обкатки (рис. 2.8)- це відстань між точками перетину осі повороту та лінії середини колеса на поверхні дороги.

Радіус плеча обкатки:

- є негативним, якщо він знаходиться зовні від перпендикуляра.
- є позитивним, якщо він знаходиться всередині від перпендикуляра.
- дорівнює нулю, якщо радіус плеча обкатки відсутній. Це означає, що вісь обертання та лінія середини колеса перетинаються на поверхні дороги. Її ще називають центральною точкою рульового керування.

Під час руху на колеса автомобіля впливають сили, що виникають через гальмування, повороти та нерівності дорожнього покриття. Ці сили повинні якомога менше впливати на систему рульового керування, щоб забезпечити комфорт і безпеку водіння. Вони діють у точці, де середня лінія колеса перетинає поверхню дороги, і передаються на кермовий механізм.

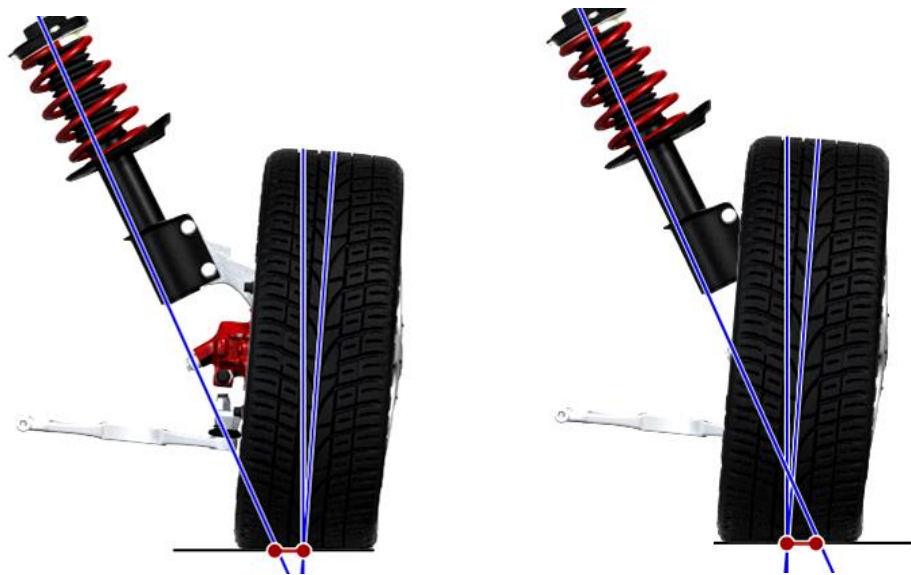


Рисунок 2.8 – Радіус плеча обкатки: позитивний і негативний.

Чим більший радіус плеча обкатки, тим важче кермувати автомобілем, оскільки це збільшує зусилля, необхідне для повороту керма. Щоб полегшити керування, радіус плеча обкатки повинен бути якомога меншим. У системах рульового керування з роздільною поперечною рульовою штангою радіус плеча обкатки зазвичай відсутній. Це дозволяє водієві краще відчувати автомобіль, проте надмірний люфт у рульовій системі може викликати небажане биття або хитання коліс навколо осі повороту.

Якщо під час гальмування на колеса автомобіля діють неоднакові сили або існує різниця в опорі коченню між колесами, це створює крутний момент, який може змусити автомобіль повертати. Радіус плеча обкатки може як компенсувати, так і посилювати цей ефект. Наприклад, якщо ліве переднє колесо гальмує сильніше або має більший опір коченню, автомобіль розвертатиме навколо цього колеса.

При додатному радіусі плеча обкатки передні колеса прагнуть розійтися під час гальмування, що може викликати тягнення автомобіля в бік колеса, яке гальмується сильніше. Це небажано для стабільності, оскільки збільшує ризик заносу.

При негативному радіусі плеча обкатки передні колеса прагнуть рухатися назустріч одне одному під час гальмування. Це допомагає нейтралізувати розворот колеса, яке гальмується сильніше, і сприяє стабільності автомобіля, знижуючи ймовірність заносу. Таким чином, негативний радіус плеча обкатки є більш сприятливим для безпеки, особливо під час екстреного гальмування.

2.4 Можливі несправності

Сходження коліс під час повороту є критично важливим для забезпечення правильної роботи керованих коліс, щоб вони оберталися навколо однієї умовної точки (див. рис. 2.1). Більшість автомобілів має обернене сходження, яке виникає при повороті, де зовнішнє колесо відхиляється на 19 градусів, а внутрішнє — на 20 градусів.

Якщо кути установки коліс правильні, але сходження під час повороту неправильне, це часто є наслідком неправильної установки рульової рейки. Причиною цього можуть бути механічні пошкодження, такі як наслідки зіткнень, або неправильне налаштування компонентів кермового механізму. Це може призвести до втрати загальної точки повороту, що негативно впливає на стабільність і керованість транспортного засобу. (рис. 2.9).

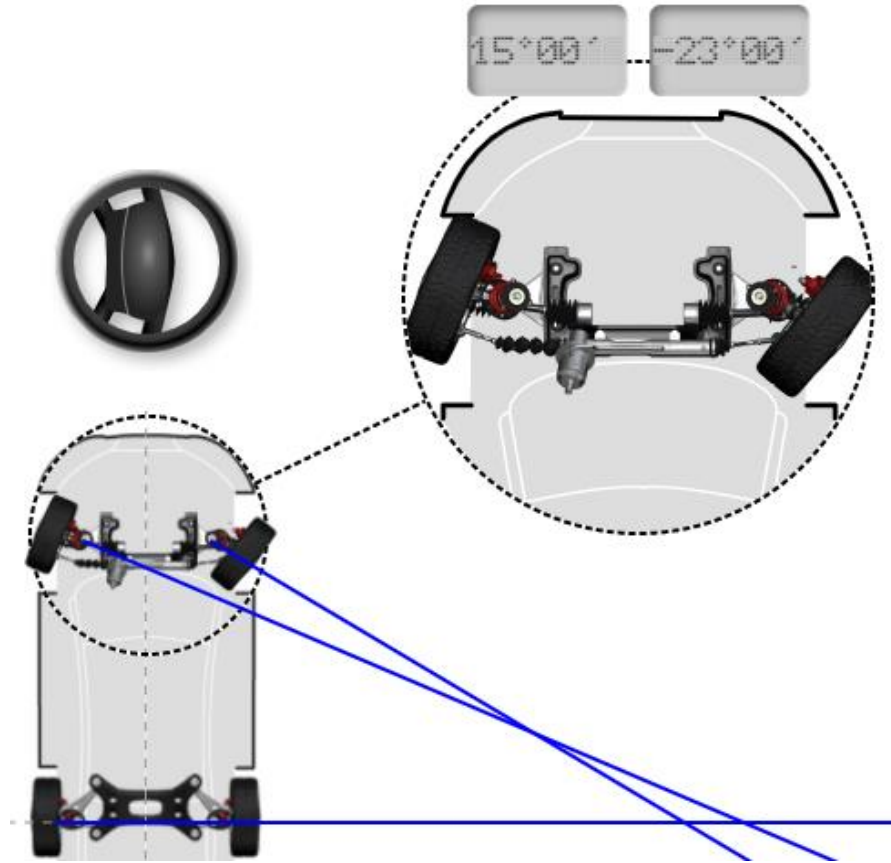


Рисунок 2.9 – Обернене сходження коліс на повороті невірне.

Наприклад, якщо відбудеться зміна довжини рульових тяг, автомобіль може почати тягнути в одну зі сторін, що погіршить керованість і зручність водіння (рис. 2.10).

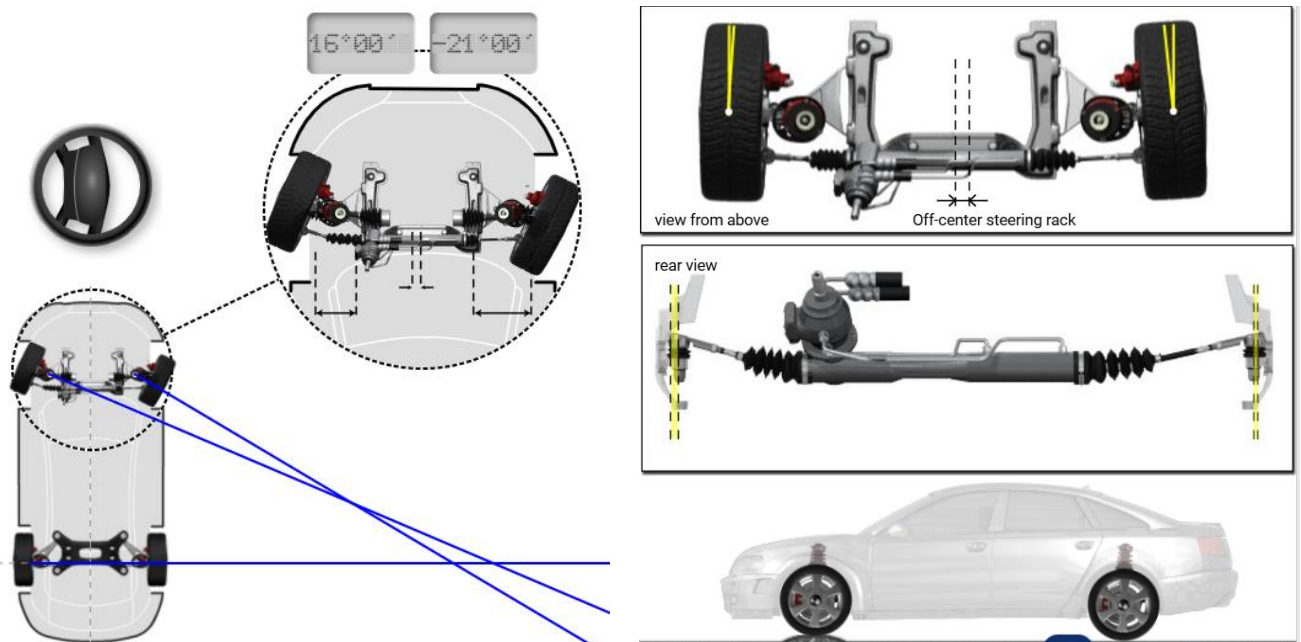


Рисунок 2.10 – Невірна довжина рульових тяг (асиметрія).

Також різниця в кутах нахилу поперечних рульових тяг може призвести до перекосу рульової рейки, що також порушує правильне сходження коліс. (рис. 2.11). Це може зменшити точність управління і призвести до нерівномірного зносу шин.

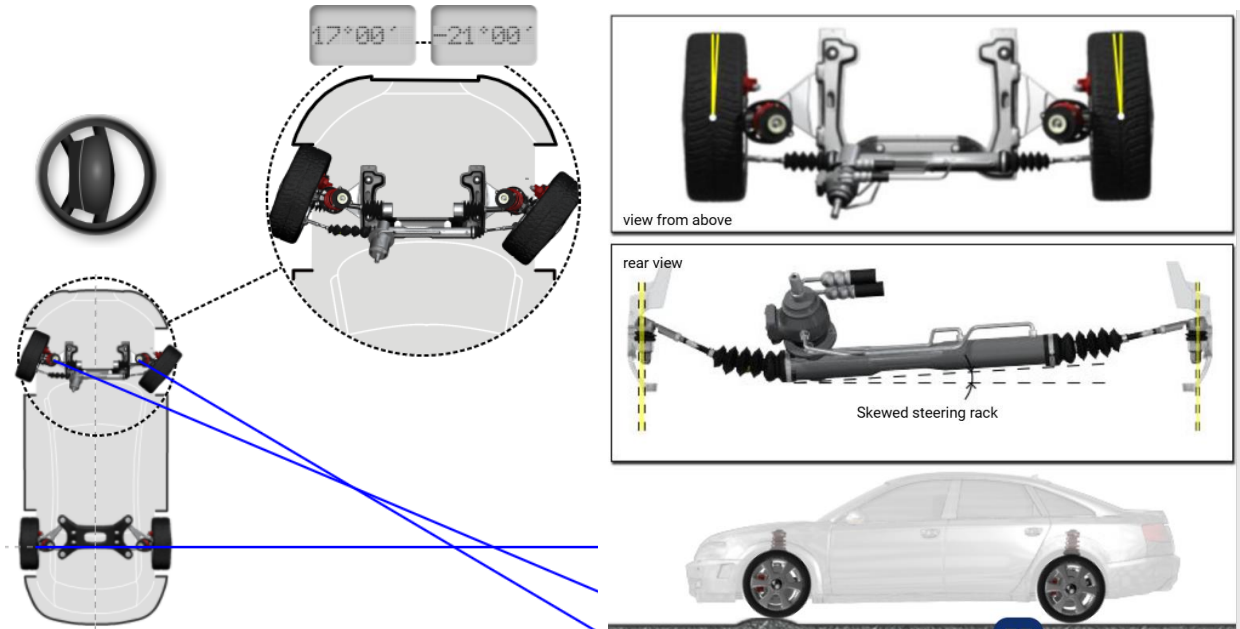


Рисунок 8 – Перекошена рульова рейка.

Усі ці фактори можуть значно вплинути на безпеку та ефективність руху автомобіля, тому важливо забезпечити правильне налаштування та перевірку усіх елементів рульового механізму.

3 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ УСТАНОВКИ КУТІВ КОЛІС

3.1 Підготовка автомобіля до виставлення кутів коліс

Пристрій для регулювання кутів установки коліс є високоточним інструментом, призначеним для забезпечення правильного налаштування геометрії підвіски автомобіля (рис. 3.1). Перед початком використання такого обладнання необхідно детально ознайомитися з технічною документацією автомобіля, де вказані рекомендовані виробником значення кутів розвалу, сходження, а також інших параметрів. Це дозволить уникнути помилок під час регулювання та забезпечить оптимальну керованість, зносостійкість шин і безпеку руху.



Рисунок 3.1 – Пристрій для виставлення кутів коліс.

Перед початком регулювання кутів установки коліс необхідно провести кілька підготовчих дій для забезпечення точності вимірювань і налаштувань (рис. 3.2).

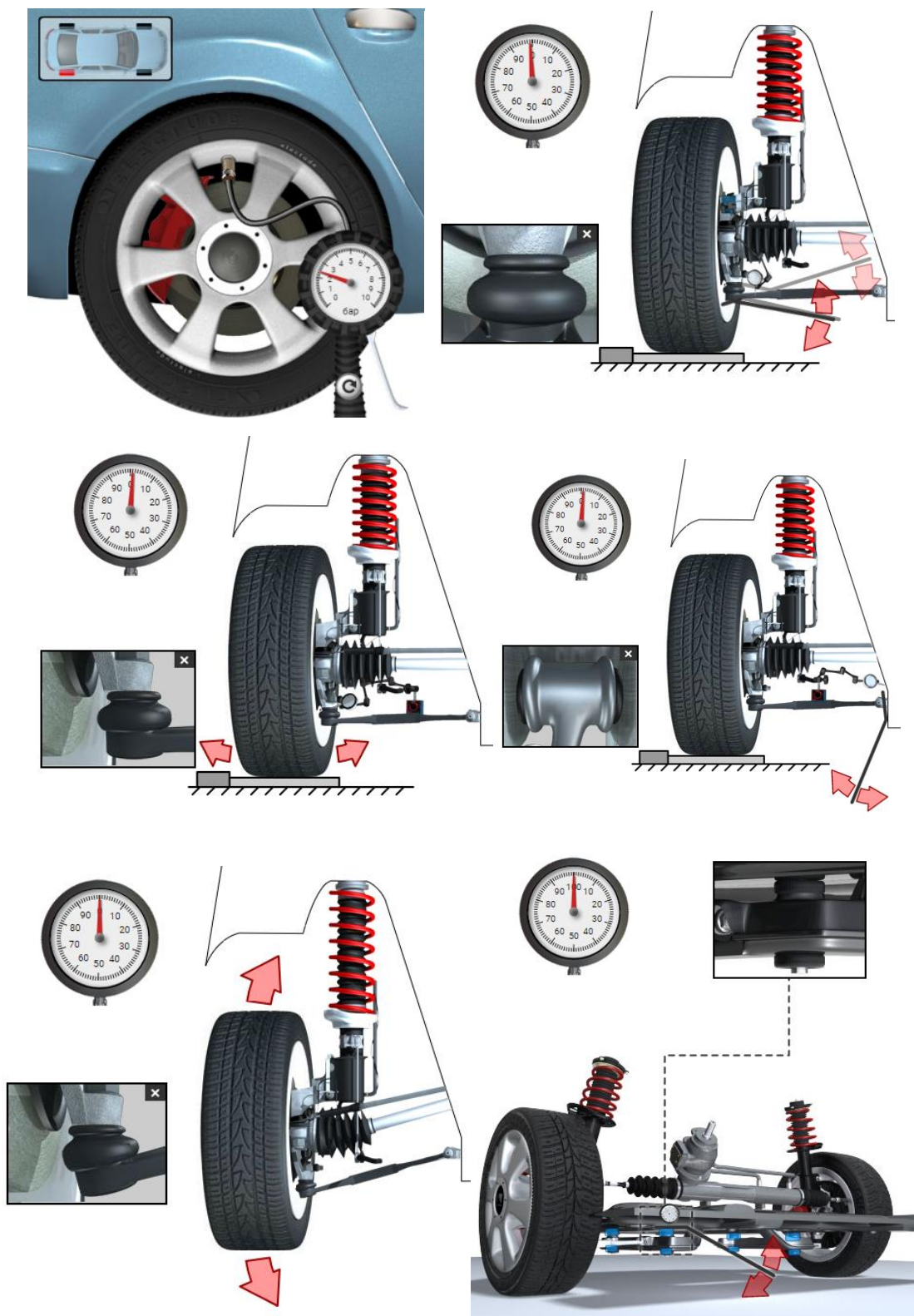


Рисунок 3.2 – Підготовка до регулювання кутів установки коліс включає перевірку тиску в шинах, поздовжнього та поперечного зазору в нижньому кульовому шарнірі, радіального зазору та ступеня зношення деталей підвісної тяги, стану підшипника колеса, а також наявності зазорів у вузлах кріплення підрамника.

Спершу слід перевірити тиск у шинах та, у разі потреби, відрегулювати його відповідно до рекомендацій виробника. Далі потрібно оглянути рульову систему і підвіску на наявність зношених або пошкоджених компонентів, а також перевірити люфти у з'єднаннях. Особливу увагу слід приділити стану підрамника та інших кріпильних елементів.

Також необхідно перевірити висоту посадки автомобіля, яка повинна відповідати заводським параметрам, оскільки від цього залежить правильність виставлення кутів. Після цього потрібно встановити вимірювальні головки на колеса, дотримуючись рекомендацій обладнання, та переконатися, що автомобіль виставлений рівно на стенді для регулювання.

Крім того, важливо перевірити амортизатори на справність та налаштувати систему рульового управління, якщо виявлені будь-які відхилення. Лише після виконання цих дій можна переходити до безпосереднього налаштування кутів установки коліс.

3.2 Послідовність установки кутів коліс

Регулювання кутів установки коліс автомобіля необхідно виконувати в чітко визначеній послідовності. Починати слід із задньої осі, оскільки вона визначає базовий напрямок руху транспортного засобу. На задній осі регулюються розвал і сходження. Спочатку виставляється сходження в нульове значення, після чого налаштовується кут розвалу. Після досягнення оптимального значення розвалу повторно регулюється сходження, щоб забезпечити точність і стабільність налаштувань. Такий підхід дозволяє забезпечити правильне налаштування геометрії коліс для досягнення максимальної стійкості та керованості автомобіля (рис. 3.3).

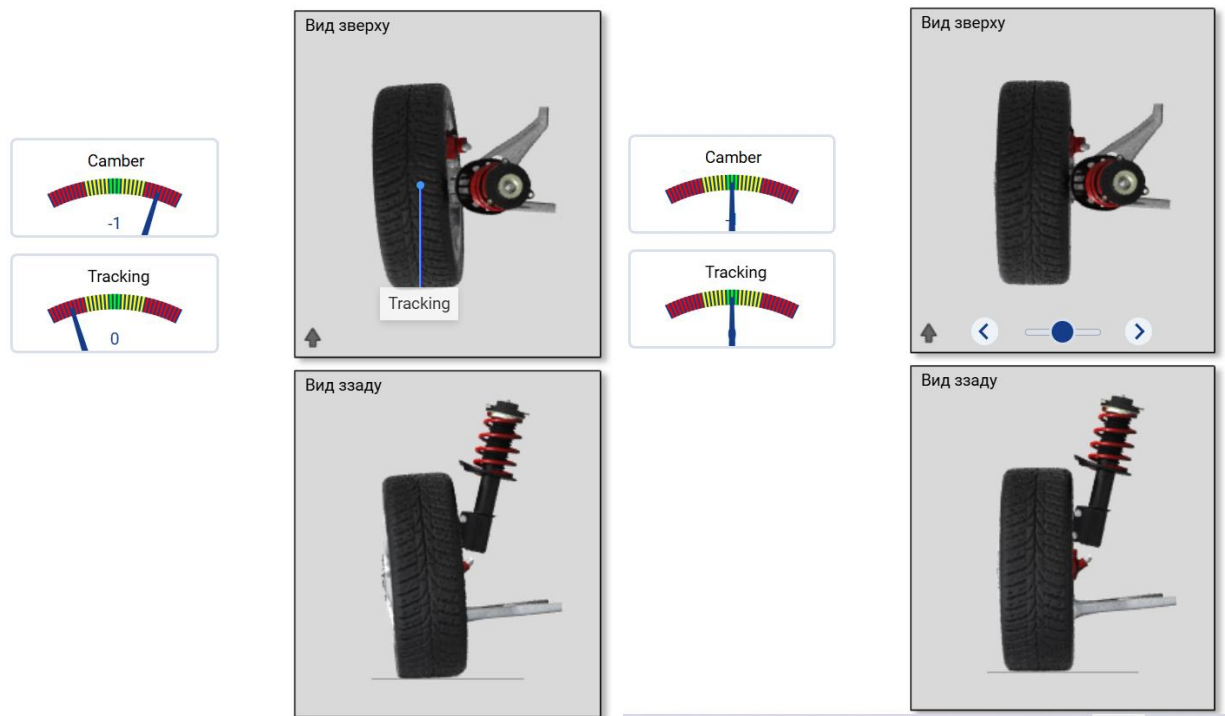


Рисунок 3.3 – Виставлення розвалу і сходження задньої осі.

Після завершення налаштування задньої осі переходимо до регулювання передньої. На передній осі, крім розвалу і сходження, додатково регулюється кут поздовжнього нахилу поворотного шкворня (кастер), що впливає на стабільність і маневровість автомобіля. Цей параметр особливо важливий для забезпечення правильної поведінки транспортного засобу на поворотах і при прямолінійному русі.

Спочатку встановлюється сходження у нульове положення. Потім проводиться налаштування кастера (рис. 3.4), оскільки зміна цього параметра безпосередньо впливає на сходження та розвал. Після регулювання кастера обов'язково потрібно знову перевірити сходження, адже навіть незначне зміщення кута може змінити налаштування. Наступним етапом є регулювання розвалу, який також може вплинути на сходження, тому фінальним кроком є повторна перевірка і точне налаштування сходження.

Крім дотримання послідовності регулювань, слід враховувати загальний стан автомобіля. Перед початком робіт важливо перевірити стан підвіски, рульового управління та підшипників, адже наявність люфтів або зносу може зробити налаштування кутів неточним і нестабільним. Особливо слід звернути

увагу на елементи кріплення підрамника, оскільки їх зміщення може змінити геометрію передньої осі.

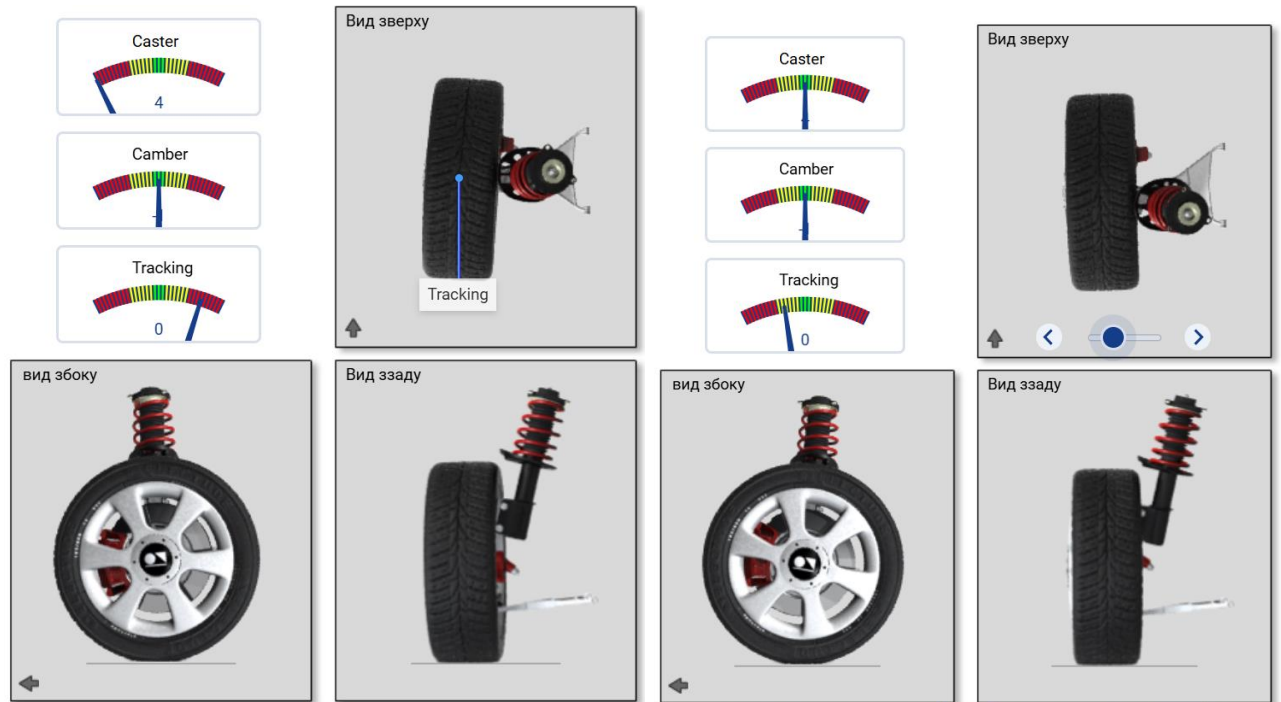


Рисунок 3.4 – Виставлення розвалу і сходження і кастера передньої осі.

Дотримання правильної послідовності регулювань, технічної справності підвіски та рульової системи забезпечує не лише комфортне і стабільне керування, але й рівномірний знос шин, зменшуючи ризик передчасного пошкодження та підвищуючи безпеку автомобіля.

3.3 Розробка пристрою для удосконалення процесу

Даний пристрій призначений для контролю кутів установки керованих коліс автомобілів, наприклад, класу N1. Його використання дозволяє значно прискорити процес перевірки та регулювання кутів.

Перевірку кутів установки здійснюють шляхом порівняння відстаней між торцями гальмівних барабанів у передній і задній частинах балки в горизонтальній діаметральній площині. Відповідно до моделі автомобіля, допустима різниця цих відстаней зазвичай становить 0,5–2,5 мм.

Для перевірки кутів установки керованих коліс застосовують так званий метод "двох відрізків". Його суть полягає у точному вимірюванні відстаней

між торцями гальмівних барабанів. Процес перевірки складається з таких етапів:

Підніміть задню частину автомобіля та встановіть її на стійках або підйомнику, забезпечивши стійкість та безпеку.

Використовуючи вимірювальний інструмент (лінійку, штангенциркуль або мікрометр), виміряйте відстань між торцями гальмівних барабанів у передній і задній частинах балки з кожного боку автомобіля.

Порівняйте отримані значення для обох боків. Якщо виявлено суттєву різницю у відстанях, це свідчить про порушення кутів установки.

Регулювання кутів установки залежить від конструкції гальмівної системи автомобіля. Це може включати:

- налаштування затискного механізму,
- регулювання тяги або регулятора,
- внесення змін у положення окремих елементів підвіски або балки.

Важливо враховувати, що неправильне налаштування може негативно вплинути на безпеку та керованість автомобіля. Тому ці процедури повинні виконуватися з максимальною точністю.

У разі відсутності достатнього досвіду або впевненості у своїх навичках краще звернутися до професіонала. Фахівець виконає перевірку і регулювання кутів установки відповідно до рекомендацій виробника та забезпечить належний рівень безпеки транспортного засобу.

Для професійного підходу рекомендується використовувати сучасні вимірювальні пристрої, які дозволяють отримати точні результати та мінімізують похибку.

Пристрій зображено на рисунку 3.5.

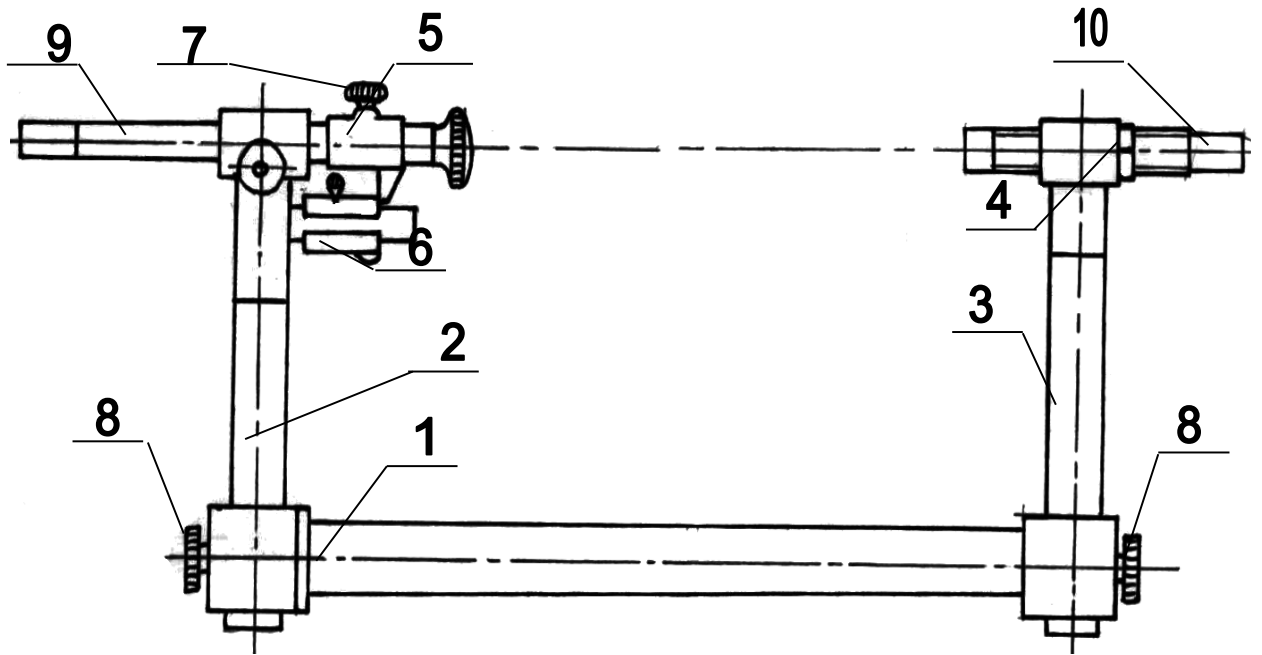


Рисунок 3.5 – Конструкція пристрою для перевірки кутів установки керованих коліс автомобіля складається з наступних елементів: 1 – штанга, 2 – ліва стійка, 3 – права стійка, 4 – гайка, 5 – втулка, 6 – рамка, 7 і 8 – гвинти, 9 і 10 – пальці.

3.4 Принцип дії розробленого пристрою

Перед початком робіт необхідно: встановити колеса автомобіля в положення, яке відповідає прямолінійному руху, зняти гумові заглушки з гальмівних щітків. Потім нульову позначку на рамці (пункт 6) потрібно співвіднести з нульовим поділом на лінійці стійки (пункт 2) і закріпити рамку за допомогою кріпильного гвинта. Втулку (пункт 5) слід перемістити до упору праворуч і закріпити її гвинтом (пункт 7).

Процес вимірювання виглядатиме наступним чином: пристрій встановлюють на виріб ззаду балки так, щоб пальці (пункти 9 і 10) упиралися в торці барабанів. Потім затягують гайку (пункт 4). Відпускають гвинт (пункт 7) і переміщують втулку (пункт 5) до упору в рамку (пункт 6), після чого затягують гвинт (пункт 7). Встановлюють шкалу на початкову позначку,

орієнтуючи її за ноніусом на рамці. Далі відпускають гайку (пункт 4), переміщують палець (пункт 9) вправо і знімають пристрій з виробу.

Пристосування встановлюють спереду балки так, щоб пальці (пункти 9 і 10) упиралися в торці барабанів, після чого затягують гайку (пункт 4). Відпускають гвинт на рамці (пункт 6) і притискають рамку до упору в втулку (пункт 5), затягуючи гвинт (пункт 7). Після цього знову відпускають гайку (пункт 4), переміщують палець (пункт 9) вправо і знімають пристрій з виробу.

Завдяки шкалі на лінійці та ноніусу на рамці (пункт 6) визначається величина вимірюного відстані. Колеса вважаються встановленими правильно, якщо отримане значення знаходиться в межах допустимого діапазону відхилень. Цей опис є загальним підходом, і для конкретних випадків можуть бути відмінності.

3.4 Розрахунок елементів пристрою

Для точного визначення межі текучості матеріалу гвинта 7 зі сталі 20 важливо звертатися не лише до нормативних документів і інженерних довідників, але й до технічних характеристик, зазначених виробником сталі або постачальником матеріалів. Вивчення таких джерел дозволяє точно визначити механічні властивості сталі, включаючи межу текучості, яка є критичним показником для розрахунків навантажень і міцності конструкцій. Цей показник визначає максимальне навантаження, яке матеріал може витримати до того, як почне відбуватися його пластична деформація або втрата форми.

Межа текучості сталі 20 зазвичай знаходиться в межах 360-510 МПа, однак для точності даних варто враховувати різні умови виготовлення матеріалу (наприклад, його термообробку чи хімічний склад). При проектуванні та виборі матеріалів для механічних вузлів важливо перевіряти ці значення відповідно до специфікацій для забезпечення належної надійності та довговічності конструкцій.

$$\sigma_{\dot{o}} = 240 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності визначається, враховуючи діаметр різьби гвинта в межах від 6,0 до 16,0 мм.

$$S_{T,adm} = 4$$

Допустиме напруження на розтяг можемо визначити з виразу:

$$\sigma_{p,adm} = \frac{\sigma_T}{S_{T,adm}} \quad (3.1)$$

$$\sigma_{p,adm} = \frac{240}{4} = 60 \text{ МПа}$$

Для обчислення розрахункової сили зтяжки з урахуванням кручення гвинта, необхідно виконати такі кроки:

Спочатку визначте момент сили зтяжки за допомогою наступної формули:

$$M = F * r \quad (3.2)$$

де M - момент сили зтяжки, Н/м

F - розрахункова сила зтяжки, Н

r - відстань від осі винта до точки прикладання сили зтяжки, м.

Обчисліть коефіцієнт скручування винта, використовуючи формулу:

$$Ks = (\pi * d^3) / (16 * G * l) \quad (3.3)$$

де Ks - коефіцієнт скручування винта,

d - діаметр різьби винта, м,

G - модуль кручення матеріалу винта

l - довжина винта, м.

Знайдіть коефіцієнт запасу згину винта, використовуючи формулу:

$$Kz = (Ks * Mp) / M \quad (3.4)$$

де Kz - коефіцієнт запасу згину винта,

Mp - розрахунковий момент опору винта,

M - розрахунковий момент сили зтяжки Н/м.

Перевірте, чи відповідає отриманий коефіцієнт запасу згину вимогам до надійності та безпеки. Зазвичай приймається коефіцієнт запасу не менше 1,5-

2. Ці етапи допоможуть визначити розрахункову силу затяжки з урахуванням кручення гвинта.

$$F_{\zeta} = \frac{1,3 \cdot 2 \cdot k \cdot T}{f} \quad (3.5)$$

де k – коефіцієнт запасу; $k=1,6$, [6-8];

T – курут.момент; $T=60,0$ Нм;

f – коефіцієнт тертя; $f=0,161$

$$F_{\zeta} = \frac{1,3 \cdot 2 \cdot 1,6 \cdot 60}{0,18} = 1387 \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

Умова міцності винта на розтягнення визначається за допомогою розрахункової напруженості в матеріалі винта та його міцності на розтягнення.

Для визначення цього можна використати наступну формулу:

$$\sigma_D = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_p^2} \quad (3.6)$$

Для визначення розрахункового діаметра різьби винта з урахуванням умови прочності на розтягування можна використати формулу:

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \sigma_{p,adm}}} \quad (3.7)$$

$$d_p \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 1387}{3,14 \cdot 60}} = 5,42 \quad \text{мм.}$$

Якщо приймається різь гвинта М6 з кроком $p = 0,5$ мм, то розрахунковий діаметр різі винта можна визначити за наступною формулою:

Для різі М6 базовий діаметр $d_0 = 6,0$ мм. що

$$d = d_p + 0,94 \cdot p \quad (3.8)$$

де d - розрахунковий діаметр різі винта,

d_0 - базовий діаметр різі винта,

p - крок різі.

$$d = 5,42 + 0,94 \cdot 0,5 = 5,89 \quad \text{мм}$$

Кінцево приймаємо різь М6×0,5.

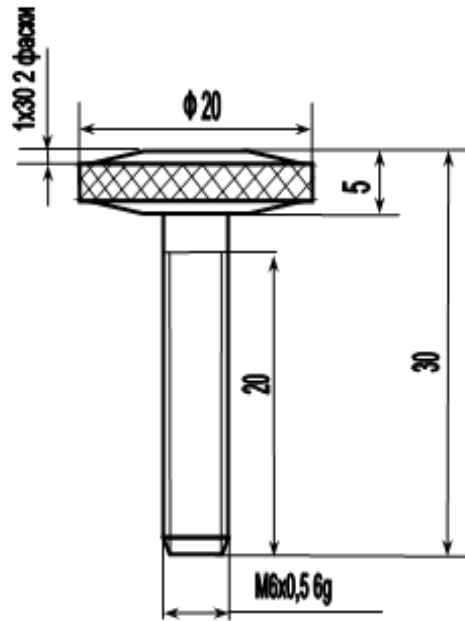


Рисунок 3.7 – Ескіз гвинта.

У результаті виконаного розрахунку можна зробити такі висновки:

Після визначення коефіцієнта запасу згину можна впевнено стверджувати, що матеріал, з якого виготовлений гвинт, здатен витримувати навантаження, що виникають під час його експлуатації. Зазвичай, коефіцієнт запасу, який не менше 1,5-2, забезпечує належний рівень безпеки та надійності конструкції.

Визначена сила затяжки, враховуючи момент сили і кручення гвинта, дозволяє забезпечити оптимальне фіксування компонентів при монтажі. Це важливо для запобігання зайвому навантаженню на різьбові з'єднання і забезпечення їх стабільності в процесі експлуатації.

Перевірка коефіцієнта запасу згину та визначення правильної сили затяжки допомагають гарантувати, що конструкція працюватиме в межах допустимих навантажень, що знижує ймовірність поломки або деформації з'єднання під час використання. Це особливо важливо для механізмів, де від ефективності затягування залежить їх працездатність і безпека.

Загалом, проведені розрахунки дозволяють впевнено оцінити міцність і надійність з'єднання, а також правильно налаштувати параметри для забезпечення довговічності та безпечної експлуатації пристрою.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації обладнання

Виробничий травматизм зумовлений організаційними, технічними, психофізіологічними та санітарно-гігієнічними причинами. Аналіз виробничого травматизму дозволяє не лише виявити причини, а визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики травматизму [18].

Для аналізу виробничого травматизму застосовують багато різноманітних методів, основні з яких можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, монографічні, економічні, анкетування, ергономічні, психофізіологічні, експертних оцінок та інші [17].

Причини виробничого травматизму поділяються на такі основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

Чинники та обставини, які впливають на хід подій за час від початкової до небажаної події можуть бути такими:

Наявність струму на корпусі світильника:

а) відсутність захисного заземлення:

- не виконувалося заземлення;
- пошкоджено захисне заземлення.

б) пошкодження ізоляції :

- відсутність профілактичних заходів;
- неправильна експлуатація.

Дотик обслуговуючого персоналу оголеними частинами тіла до корпусу світильника:

а) недотримання правил техніки безпеки:

- відсутність захисної огорожі;

- недотримання вимог щодо спецодягу обслуговуючого персоналу;
- невиконання правил техніки безпеки;
- б) невикористання засобів індивідуального захисту:

- халатність працівника;
- недостатній контроль працівників.

Отже, Такі чинники, відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання профілактичних заходів щодо огляду робочого місця, нехтування правилами техніки безпеки можуть бути причиною травмування робочого персоналу.

Для нашого випадку можливими заходами та засобами запобігання дії шкідливого чинника є:

- проведення профілактичних заходів;
- завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій, застосовуючи формули [16].

Вимоги безпеки до початку роботи:

- Заземлення є обов'язковим!
- Перевірити надійність заземлення електросвітильника і електрощитів.
- Опір ізоляції відносно землі електрично зв'язаних кіл повинен бути не менше 1,0 МОм.
- Опір ізоляції вимірюється мегомметром 1000-2500В.
- Перевірити візуальну справність органів контролю індикації,.
- Уважно оглянути робоче місце, привести його в порядок. Забрати всі предмети, що заважають роботі. Робочий інструмент, пристосування і допоміжний матеріал, перевірити їхню справність.

Вимоги безпеки під час роботи :

- Управління роботою освітлення у заданому режимі відбувається автоматично.

-При огляді працюючої системи освітлення забороняється виконувати любі роботи в системі автоматики і захисту і вимірювальних приладах.

-Не доторкатися голими руками до неізольованих поверхонь трубопроводів подачі гарячої води.

4.2 Планування заходів з покращення охорони праці

Основні заходи щодо попередження та усунення причин виробничого травматизму бувають на організаційні та технічні.

До технічних заходів належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки.

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих чинників. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування [18].

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації та пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском [16].

4.3 Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації обладнання

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі.

Кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Таблиця 4.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

Шифр	Назва події	Ймовірність
P ₁	Відсутність захисного заземлення	0,04
P ₂	Пошкодження захисного заземлення	0,03
P ₃	Пошкодження ізоляції	0,1
P ₄	Неправильна експлуатація обладнання	0,02
P ₅	Відсутність профілактичних заходів	0,1
P ₆	Відсутність захисного щита	0,2
P ₇	Незнання правил техніки безпеки	0,09
P ₈	Недотримання правил техніки безпеки	0,1
P ₉	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,3
P ₁₀	Халатність	0,06

Складемо логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електроопаленням (рис.4.1).

Нехай дві базові події з ймовірністю "I" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P₃ можна визначити так:

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (4.1)$$

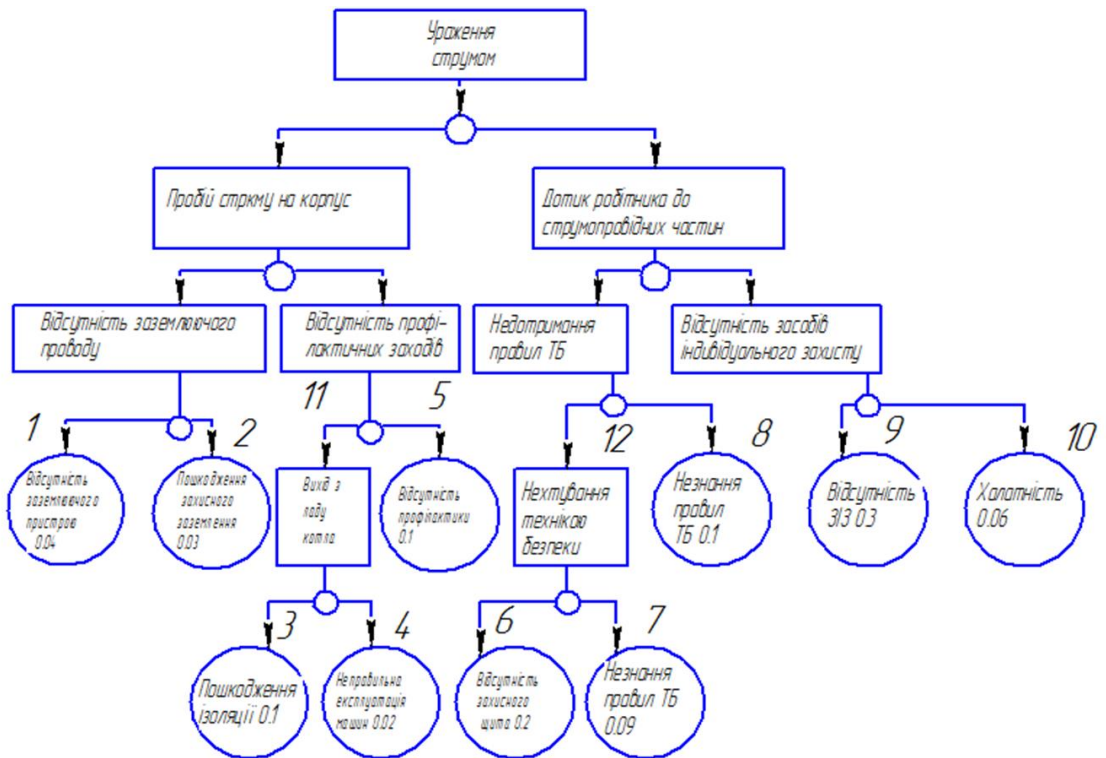


Рисунок 4.1 – Логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням.

Оператор "І" об'єднує n події з ймовірностями P_1, P_2, \dots, P_n . Тоді ймовірності вихідної події P буде:

$$P_3 = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n \quad (4.2)$$

Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "Або", входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде.

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \times P_2 \quad (4.3)$$

Оператор "Або" об'єднує 3 базові події з ймовірностями P_1, P_2, P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3 \quad (4.4)$$

За допомогою даних залежностей ми проводимо розрахунок ймовірності виникнення травми про роботі з електроосвітленням. Ймовірність виникнення вихідних подій задаємо умовно. Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (4.4), Отримаємо ймовірність події 13:

$$P_{13} = 0,03 + 0,01 - 0,03 \cdot 0,01 = 0,0397.$$

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 \times P_5; \quad (4.5)$$

$$P_{11} = 0,02 + 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,118.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 \times P_7; \quad (4.6)$$

$$P_{12} = 0,2 + 0,09 \cdot 0,2 \cdot 0,09 = 0,20.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 \times P_{10}; \quad (4.7)$$

$$P_{13} = 0,04 + 0,06 \cdot 0,04 \cdot 0,05 = 0,0401.$$

$$P_{14} = P_{11} \times P_5; \quad (4.8)$$

$$P_{14} = 0,118 \times 0,1 = 0,0118.$$

$$P_{15} = P_{12} \times P_8; \quad (4.9)$$

$$P_{15} = 0,20 \times 0,1 = 0,022.$$

$$P_{16} = P_{13} + P_{14} - P_{13} \times P_{14}; \quad (4.10)$$

$$P_{16} = 0,0401 + 0,0118 - 0,0401 \cdot 0,0118 = 0,0142.$$

$$P_{17} = P_{14} \times P_{15}; \quad (4.11)$$

$$P_{17} = 0,0118 \times 0,022 = 0,00250.$$

$$P_{18} = P_{16} + P_{17} - P_{16} \times P_{17}; \quad (4.12)$$

$$P_{18} = 0,0142 + 0,00250 - 0,0142 \times 0,0190 = 0,144.$$

Таким чином на під час роботи електричної освітлювальної системи на при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 14,4 травм. Якщо підвищити професійний рівень, поліпшити контроль та виготовити профілактичні засоби за всіма вимогами безпеки, то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки - до 1.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА МОДЕРНІЗАЦІЇ

Використання цього пристрою дозволяє значно пришвидшити перевірку кутів установки коліс та заощадити час. Важливо переконатися, що пристрій має належну міцність і надійність для виконання своїх функцій, а також забезпечує точність вимірювань.

Для забезпечення безпечної експлуатації саморобного пристрою необхідно регулярно перевіряти його стан і підтримувати в робочому стані. Використання саморобного пристрою може бути ефективним для оптимізації процесу перевірки кутів установки коліс, однак потрібно враховувати зазначені аспекти для гарантування безпеки, точності та надійності його роботи. Загальні витрати на систему складають V_z 18 000 грн на матеріали, при цьому додаткові витрати на виготовлення штанг складають $V_{ш}$ 3 000 грн, а на кріплення V_k — 2 000 грн.

Загальні затрати на систему це 18000 грн матеріали, наша установка буде мати додаткові затрати на виготовлення штанг 3000 грн, і кріплення її 2000 грн[21]. Сумарні затрати обчислюються як [20]:

$$V_z = V_m + V_{ш} + V_k, \text{ грн} \quad (5.1)$$

$$V_z = 18000 + 3000 + 2000 = 23000 \text{ грн.}$$

Ми збільшимо ефективність роботи на 10%, що дозволить обслуговувати не 20 автомобілів за зміну тривалістю 8 годин, а 22 автомобілі. Вартість однієї перевірки установки становить 300 грн. Отже, ефект від кожного дня роботи складає 2 автомобілі, що приносить додатково 600 грн (2 авто \times 300 грн). Для того щоб наша установка окупилася, використовуємо наступну формулу:

$$T_e = V_z / 600 \quad (5.2)$$

$$T_e = 23000 / 600 = 39 \text{ днів}$$

Як видно, використання такої установки окупить себе за 2 місяці, якщо враховувати лише робочі дні. За цей час буде отримано достатньо доходу від додаткових перевірок, щоб повністю компенсувати витрати на її виготовлення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті виконаної роботи на тему «Аналіз і удосконалення технологічного процесу установки кутів коліс легкових автомобілів» були досягнуті такі висновки та результати.

Розділ 1 аналізує важливість правильного встановлення кутів коліс для забезпечення ефективності та безпеки автомобіля. Розглянуто вплив параметрів кутів на експлуатаційні характеристики, зокрема на зношення шин і стабільність руху. Описано різні види рульового керування та шляхи покращення керованості, а також обґрунтовано актуальність теми роботи для вдосконалення процесів налаштування автомобілів.

У розділі 2 детально розглянуто процес установки кутів коліс, зокрема визначення основних параметрів і опис різних типів кутів. Аналіз геометрії під час руху показує, як кутові налаштування впливають на стабільність і керованість автомобіля. Також розглянуті можливі несправності, які можуть виникнути в результаті неправильного встановлення кутів коліс, що підкреслює важливість точності в цьому процесі для забезпечення безпечної та ефективної експлуатації транспортного засобу.

У розділі 3 детально описано удосконалення технологічного процесу установки кутів коліс, починаючи з підготовки автомобіля до виставлення кутів, що включає необхідні кроки для забезпечення точності вимірювань. Викладено послідовність установки кутів, що дозволяє оптимізувати процес. Окрім того, розроблено пристрій, який значно покращує ефективність цього процесу, а також наведено принцип його дії. Розрахунок елементів пристрою підтверджує його працездатність та відповідність вимогам безпеки та точності, що сприяє підвищенню продуктивності та зниженню часу на виконання налаштувань.

Ми збільшили ефективність роботи на 10%, що дозволить обслуговувати не 20 автомобілів за зміну, а 22 автомобілі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Легкі вантажівки купують активніше: статистика ринку. https://auto.24tv.ua/lehki_vantazhivky_kupuiut_aktyvnishe_statystyka_rynku_n41280(дата звернення 31.04.2023 р.)
2. Стадник О. Аналіз і удосконалення технологічного процесу установки кутів коліс легкових автомобілів. Тези доповідей міжнародного студентського наукового форуму «Студентська молодь і науковий прогрес в АПК» (2 – 4 жовтня 2024р). м. Львів, 2020. С. 338
3. Кисликов В.Ф., Луцик В.В. Будова і експлуатація автомобілів. Київ: “Либідь”, 2006. 400 с.
4. Білоконь Я.Ю. Трактори та автомобілі / Я.Ю.Білоконь, А.І.Окоча, С.О.Войцехівський. Київ Вища освіта, 2013. 560 с.
5. Сажко В. А. С14 Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. Київ. Каравела, 2008. 400 с. ISBN 966-96331-1-7
6. Electude - Автомобільні основи https://lnau.electude.su/bundle_17945301 (дата звернення 31.10.2024 р.)
7. Підручник з будови автомобіля. <https://greenway.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilj> (дата звернення 31.10.2024 р.)
8. Auto 24 https://auto.24tv.ua/budova_avtomobilia_chotyry_skladovi_n31927 (дата звернення 31.10.2022 р.).
9. Для автоелектриків <https://sites.google.com/site/dlaavtoelektrikiv/> (дата звернення 31.10.2022 р.).
10. ДСТУ 12.1.003-03 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2008.
11. Антощенко В.М. Трактори та автомобілі. Ч.4. Робоче, додаткове і допоміжне обладнання Харків, 2016. 164 с.
12. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів Київ: Урожай, 1994. 224 с.

- 13.Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання Київ: Вища школа, 2011. 180с.
- 14.Головчук А.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Книга 1. Трактори Київ: Грамота, 2013. 336 с.
- 15.Лебедєв А.Т. Трактори та автомобілі. Ч.3. Шасі Київ: Вища школа, 2014. 336с.
- 16.Надикто В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві Мелітополь, 2015. 337 с.
- 17.Лехман С.Д., Целинський В.П., Козирєв С.М. Довідник з охорони праці в сільському господарстві: Запитання і відповіді. Київ: Урожай, 1999. 400с.
- 18.Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 267с.
- 19.Злобін Ю. А. Основи екології. Київ: Лібра, 1998. 246с.
- 20.Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001.206с.
- 21.Мельник Л.Г. Економіка енергетики: навч. посіб. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 238с.