

УДК 629.113

С.М. Черненко, Е.С. Клімов, А.А. Черниш*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського***КЕРМОВІ ПРИВОДИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ДВОМА КЕРОВАНИМИ МОСТАМИ**

Проаналізовані конструктивні особливості кермових приводів транспортних засобів з двома керованими мостами. Виявлені переваги та недоліки сучасних конструкцій. Запропоновано для оптимізації кінематичних параметрів використовувати метод імітаційного тривимірного моделювання. Створено тривимірну модель кермового керування КрАЗ-7634 НЕ та отримано залежність для визначення моменту опору повороту керованих коліс, приведенного до вала сошки з урахуванням передавального числа кермового приводу.

Ключові слова: кермовий привод, легкість керування, тривимірне моделювання, передавальне число

С.М. Черненко, Е.С. Клімов, А.А. Черниш**РУЛЕВЫЕ ПРИВОДЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ДВУМЯ УПРАВЛЯЕМЫМИ МОСТАМИ**

Проанализированы конструктивные особенности рулевых приводов транспортных средств с двумя управляемыми мостами. Выявлены преимущества и недостатки современных конструкций. Предложено для оптимизации кинематических параметров использовать метод имитационного трехмерного моделирования. Создана трехмерная модель рулевого управления КрАЗ-7634 НЕ и получена зависимость для определения момента сопротивления повороту управляемых колес, приведенного к валу сошки с учетом передаточного числа рулевого привода.

Ключевые слова: рулевой привод, лёгкость управления, трёхмерное моделирование, передаточное число.

S. Chernenko, E. Klimov, A. Chernysh**DOUBLE-AXLE STEERING MECHANISM OF VEHICLES**

The structural features of a double-axle steering mechanism used in vehicles were analyzed. The advantages and disadvantages of modern structures determined. It is proposed to use the three-dimensional simulation method to optimize the kinematic parameters. Three-dimensional model of steering mechanism of KrAZ-7634 NE was created. Obtained, dependence for determining the steering resisting moment, brought to the pitman arm, which is taken into account of the steering mechanism ratio.

Keywords: steering mechanism, easy handling, three-dimensional model, ratio.

Постановка проблеми. Однією з важливих систем колісного транспортного засобу, що формує його активну безпеку, є колісний керуючий модуль, до складу якого зазвичай включають керовані колеса з еластичними шинами, керований міст та кермове керування. Кермове керування великовантажних транспортних засобів зазвичай обладнується гідравлічним підсилювачем і складається з механічної та гідравлічної підсистем. Механічна підсистема містить кермовий механізм (кермове колесо, кермова колонка, безпосередньо кермовий механізм) та кермовий привод (система тяг і важелів для передачі зусиль від сошки кермового механізму до керованих коліс). У складі кермового приводу виділяють кермову трапецію, що забезпечує передачу зусилля від лівого до правого керованого колеса та формує кінематику їхнього повороту.

Серед транспортних засобів (ТЗ) колісних формул 8x4 і 8x8 найпоширенішими є конструкції з двома передніми керованими мостами (формула керування 12-00), хоча існують і інші схеми, наприклад 4-вісний ТЗ з усіма керованими мостами (формула керування 1234), 4-вісний ТЗ з керованими 1 і 4 мостами (формула керування 1-004) тощо. У роботі будемо розглянемо 4-вісні транспортні засоби з двома передніми керованими мостами.

Такі транспортні засоби мають досить складну конструкцію кермового керування. До нього висувають такі вимоги, як легкість керування, керованість і стійкість, стабілізація керованих коліс, маневреність, чутливість керування, довговічність шин керованих коліс. При цьому конструкція має бути міцною, надійною та довговічною, мати мінімальну масу та габаритні розміри. Найскладнішим елементом механічної підсистеми кермового керування цих автомобілів є кермовий привод, який містить велику кількість важелів, тяг, кронштейнів, кулькових з'єднань.

Дослідження кермових приводів транспортних засобів із двома керованими мостами обумовлено тим, що на етапі проектування виникає необхідність підвищення їхньої якості, коли є можливість усебічно розглянути конструкцію і врахувати значну кількість суперечливих вимог. Наприклад, покращення стабілізації керованих коліс викликає погіршення легкості керування, покращення легкості керування знижує стійкість коліс проти коливань тощо. Аналіз конструкцій кермових керувань, розрахунки та оптимізація їх параметрів наведено в роботах [2, 3]. Дослідженням стійкості руху та стійкості керованих коліс проти коливань присвячені роботи [1, 5]

Проаналізувавши різні конструкції багатовісних автомобілів, можна зробити висновок, що один із шляхів підвищення легкості керування, стійкості, керованості і безпеки руху – удосконалення конструкції кермового керування і, зокрема, кермового приводу. Однак завдання оцінювання різноманітних схем кермових приводів за критеріями легкості керування, стійкості, керованості, безпеки руху поки що не набуло багатостороннього вивчення і їхні оптимальні конструктивні характеристики не визначені. Тому дослідження конструктивних особливостей кермових приводів багатовісних транспортних засобів, які сприятимуть появі обґрунтованих конструкторських рішень і реалізації вже наявних рекомендацій щодо забезпечення підвищення стійкості, керованості і безпеки руху, має особливе наукове і практичне значення.

Метою роботи є аналіз конструктивних особливостей кермових приводів транспортних засобів із двома керованими мостами, визначення передавального числа кермового приводу за допомогою імітаційного тривимірного моделювання.

Результати досліджень. Як відомо, головний критерій активної безпеки будь-якого автомобіля – це усунення аварійної ситуації. Відповідно до напрямів становлення сучасної автомобільної промисловості виробники регулярно підвищують ступінь контролю параметрів сучасних систем кермових керувань автотранспортних засобів, прагнучи найбільшою мірою забезпечити стійкість і керованість машин. Завдання підвищення керованості, стійкості та легкості керування ускладнюється у випадку, коли транспортний засіб обладнано не одним, а двома чи більшою кількістю керованих мостів.

Сьогодні існує велика кількість транспортних засобів, що мають два керовних мости [2, 3]. Майже всі виробники вантажних автомобілів у державах СНД і за кордоном мають такі моделі. Серед них – КрАЗ (моделі КрАЗ-7634 HE, 7133), КамАЗ (моделі КамАЗ-6350, 6450, 6540, 6560, 65201 тощо), Урал (моделі Урал-532301, 65515, 6553), МЗКТ (моделі МЗКТ-6527, 7401, 79011, 69234, 7429, 7969 тощо), FAW Алтай 3310, MAN-F2000 (SX3254JS384), Foton BJ3313DMPJF-S, значна кількість моделей HOWO (наприклад HOWO ZZ3407S3267C, ZZ3253N4641C1/NIFA, ZZ3317N2861 тощо), Dong Feng DFL 3310AXA, а також Mercedes (модель Actros 4141), DAF, Iveco та інші. Розглянемо особливості конструкції та роботи наведених кермових приводів, проаналізуємо їх переваги та недоліки.

Кременчуцьким автомобільним заводом розроблено дві моделі КрАЗ 7634 HE та 7133 з двома керованими мостами. Загальний вигляд і кінематичну схему кермового керування вказаних транспортних засобів наведено на рис. 1, 2.

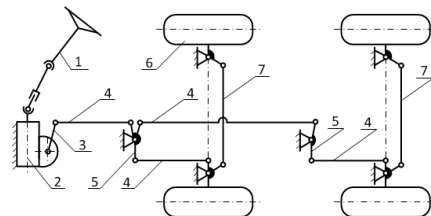


Рис. 1. Транспортний засіб високої прохідності КрАЗ-7634 HE і кінематична схема кермового керування

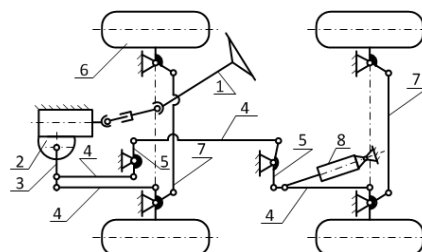


Рис. 2. Автомобіль КрАЗ-7133 і кінематична схема кермового керування

Дві конструкції є схожими: кермові керування цих транспортних засобів складаються з інтегрального кермового механізму 2, який приводиться в дію кермовим колесом через кермову колонку 1. Далі зусилля передається через сошку 3, чотири поздовжні тяги 4, поворотні важелі безпосередньо до керованих коліс 6 першого та другого мостів. Кінематику повороту керованих

коліс задають два двоплечих важелі 5, які мають різні розміри, а також кермова трапеція, яка складається з поперечної тяги 7 та поворотних важелів кожного колеса. Через особливості конструювання КраЗ-7634 НЕ, який має кабінку попереду двигуна, довжина поздовжніх тяг 4 є більшою порівняно з КраЗ-7133, також іншими є конструкція та встановлення сошки кермового механізму. Для забезпечення легкості керування у приводі керованих коліс другого мосту КраЗ-7133 використовується додатковий гідравлічний циліндр 8 підсилювача кермового керування, на відміну від КраЗ-7634 НЕ, у якого додатковий гідроциліндр відсутній. Зазначимо, що додатковий циліндр 8 встановлюється виробниками на більшості моделей транспортних засобів з двома керованими мостами.

Конструкція кермового приводу Урал-532301 (рис. 3) відрізняється від попередніх тим, що має меншу кількість поздовжніх тяг 4 (три) і двоплечих важелів 5 (один). Відповідно така конструкція дещо простіша, має меншу кількість деталей. Кінематику повороту коліс першого та другого керваного моста задає двоплечий важіль 5, до якого додатково під'єднаний гідравлічний циліндр підсилювача. Зусилля, необхідне для повороту керованих коліс створює з одного боку – інтегральний кермовий механізм 3, а з іншого – додатковий силовий циліндр 8. Зусилля підсумовується на двоплечому важелі 5, який кріпиться до рами за допомогою спеціального кронштейна.

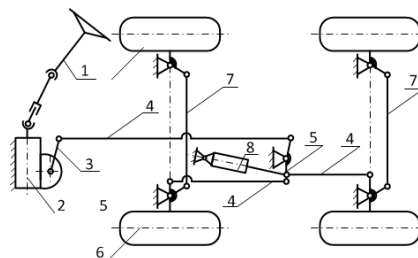


Рис. 3. Автомобіль Урал-532301 і кінематична схема кермового керування

У автомобіля КамАЗ-6450 (рис. 4), будова кермового приводу є дещо схожою на КраЗ-7133, за винятком того, що замість переднього двоплечого важеля на КамАЗі використовується сошка кермового механізму з двома кріпленнями поздовжнього важеля приводу переднього керваного мосту та проміжного поздовжнього важеля. Це пояснюється тим, що габаритні розміри кермового приводу КамАЗ-6450 менші порівняно, з КраЗ-7133, через різні конструкторські схеми цих автомобілів.

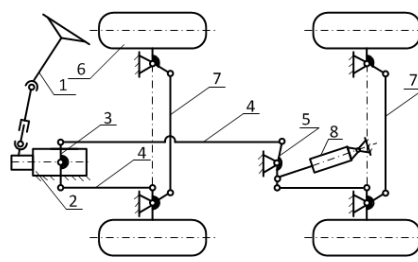


Рис. 4. Автомобіль КамАЗ-6350 і кінематична схема кермового керування

Щодо іноземних виробників, розповсюдженими є кермові приводи, подібні до таких, що застосовуються на автомобілях Mercedes Actros 4141 (рис. 5).

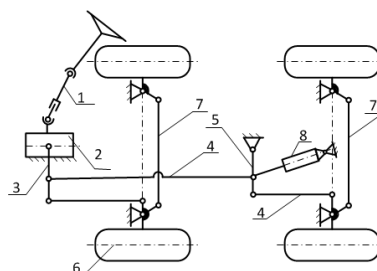


Рис. 5. Автомобіль Mercedes Actros-4141 і кінематична схема кермового керування

Кінематична схема містить інтегральний кермовий механізм 2, сошку 3, до якої кріпляться дві поздовжні тяги 4, проміжний одноплечий важіль 5, до якого кріпляться додатковий гідроциліндр 8 і поздовжня тяга 4 приводу другого керованого мосту. Схема є надійною та компактною, містить мінімальну кількість деталей. Кінематику повороту задають важелі 3 та 5, а також кермова трапеція. Легкість керування забезпечується інтегральним кермовим механізмом 2, який містить у собі вбудований гідроциліндр, а також додатковий силовий циліндр 8.

Ще однією з конструкцій, яка поширена серед китайських та європейських виробників вантажних автомобілів, є HOWO ZZ3407S3267C (рис. 6).

Кермовий привод складається із сошки 3, чотирьох поздовжніх тяг 4, двох одноплечих важелів 5. Ця схема відрізняється тим, що додатковий циліндр 8 гідравлічного підсилювача встановлений на правому лонжероні рами і діє безпосередньо на праве керване колесо другого керованого мосту автомобіля. За такого розташування навантаження, що діють на поздовжні тяги менші, ніж в Урала чи КрАЗа, відповідно маса та розміри деталей можуть бути меншими.

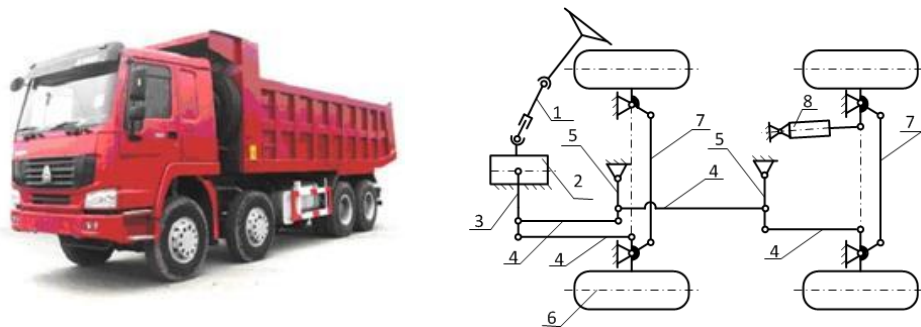


Рис. 6. Автомобіль HOWO ZZ3407S3267C і кінематична схема кермового керування

Отже, проаналізувавши сучасні конструкції кермових керувань транспортних засобів із двома керваними мостами, можна зазначити, що спільним для них є те, що гідравлічний підсилювач кермового керування містить два силових циліндри (за винятком КрАЗ-7634 HE): один – у складі інтегрального кермового механізму, інший – у кермовому приводі. Як показали випробування експериментального зразка КрАЗ-7634 HE, під час повороту повністю завантаженого транспортного засобу не виконуються вимоги Правила № 79 ЄЕК ООН і ГОСТ 31507-2012 щодо легкості керування. Максимальне зусилля на кермовому колесі під час повороту нерухомого автомобіля має бути не більшим за 500 Н, а на практиці є значно більшим.

Найбільш компактною є схема кермового приводу Mercedes Actros-4141. Кермові приводи інших транспортних засобів відрізняються будовою проміжного важеля, який може бути одноплечим (Mercedes Actros-4141, HOWO ZZ3407S3267C) чи двоплечим (інші розглянуті моделі). На нашу думку, кращими щодо навантаженості опори є одноплечі важелі, оскільки реакція, що виникає в місці кріплення важеля, менша. Реакція в опорі викликає згинальний момент у кронштейні, тому він має бути досить масивним і міцним.

Під час створення нових зразків кермових приводів чи модернізації наявних конструктор має забезпечити правильну кінематику повороту керваних коліс, гарантувати надійну і безперебійну роботу кермового керування в екстремальних умовах. Для цього необхідно знати напруження, які виникають у деталях кермового керування під час його роботи. Знаючи напруження, можна оптимізувати розміри деталей, підібрати необхідні матеріали, мінімізувати масу. Сучасні методи проектування полягають у застосуванні тривимірного моделювання за допомогою програмних комплексів Creo, Solid Works та інших. Володіючи такими технологіями, сучасний інженер на етапі проектування має можливість імітаційно змоделювати роботу вузла чи механізму та оперативно усунути недоліки.

Кермовий привод багатівісного транспортного засобу є просторовим багатоважільним механізмом, у якого під час повороту керваних коліс змінюються координати вузлових точок у трьох координатних площинах. Для розрахунку зусилля водія необхідно знати силове передавальне число кермового приводу, яке є функцією кута повороту лівого керованого колеса. Аналітичним шляхом визначити передавальне число кермового приводу досить складно, до того ж конструкції приводів різні. Нами пропонується визначити передавальне число за допомогою

імітаційного тривимірного моделювання. Для цього у програмі Creo [4] була створена модель кермового керування на прикладі КрАЗ-7634 НЕ, яка наведена на рис. 7.

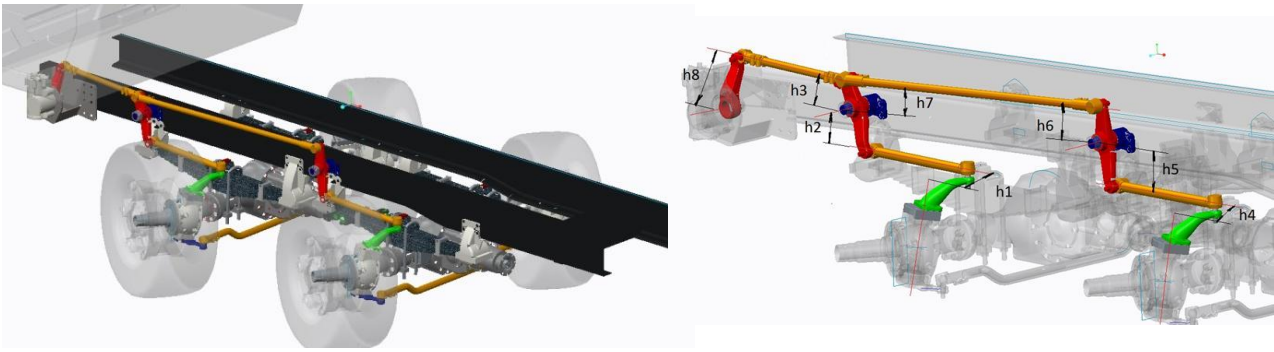


Рис. 7. Тривимірна модель кермового керування та кермового приводу КрАЗ-7634 НЕ

Модель повністю імітує реальний об'єкт, тобто вона має такі ж самі розміри деталей і координати вузлових точок. Задаючи кут повороту лівого керованого колеса першого мосту, у програмі Creo визначалися кути повороту інших коліс, а також переміщення вузлових точок кермового приводу. Схему для визначення необхідних відстаней між вузловими точками кермового приводу наведено на рис. 7. Відстані h_1 – h_8 визначалися під час повороту лівого керованого колеса першого мосту ліворуч і праворуч на кут до 30 град. Результати імітаційного моделювання визначення відстаней h_1 – h_8 наведено на рис. 8

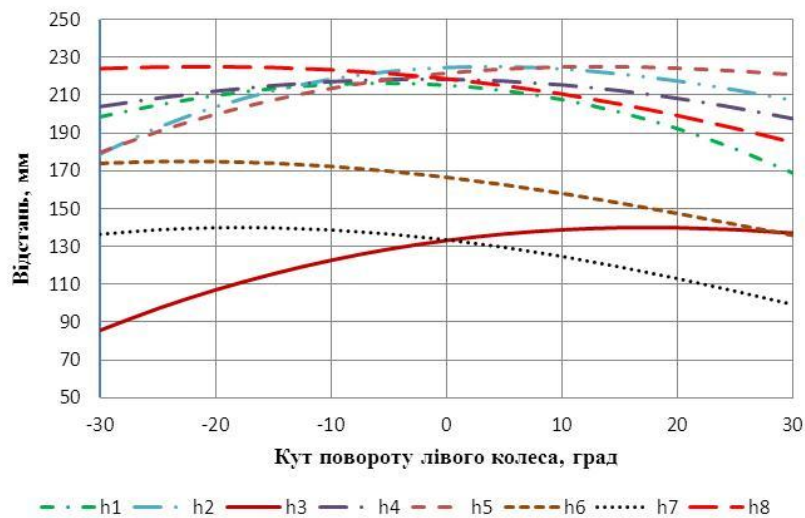


Рис. 8. Залежності відстаней h_1 – h_8 між вузловими точками кермового приводу КрАЗ-7634 НЕ від кута повороту лівого колеса першого керованого мосту

За відомих значень відстаней h_1 – h_8 можна визначити момент опору повороту керованих коліс, приведений до вала сошки в повному діапазоні кута повороту лівого колеса за формулою:

$$\Sigma M_{\text{сош}}(\Theta) = \frac{h_8 \cdot \left(\frac{\Sigma M_1 \cdot h_2}{h_1} + \frac{\Sigma M_2 \cdot h_5 \cdot h_7}{h_4 \cdot h_6} \right)}{h_3},$$

де ΣM_1 , ΣM_2 – відповідно сумарний момент опору повороту керованих коліс першого та другого керованого мостів.

Отже, за допомогою тривимірного моделювання спрощується визначення кінематичних і силових параметрів колісних керуючих модулів транспортних засобів, зокрема передавального числа кермового приводу.

Висновки. Проаналізовано конструкції кермових приводів транспортних засобів з двома керованими мостами. Установлено, що найбільш компактною схемою є Mercedes Actros-4141. Для забезпечення легкості керування в кермовому приводі доцільно встановлювати додатковий

силовий циліндр гідравлічного підсилювача кермового керування. Схеми з одноплечими важілями в кермовому приводі мають переваги порівняно з двоплечими важілями щодо навантажень, що діють на опору. Запропоновано передавальне число кермового приводу визначати за допомогою імітаційного тривимірного моделювання. Отримано залежність для визначення моменту опору повороту керованих коліс, приведенного до вала сошки з урахуванням передавального числа кермового приводу.

Література.

1. Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М. : Машиностроение, 1978. – 216 с.
2. Аксенов П. В. Многоосные автомобили / П. В. Аксенов. – М. : Машиностроение, 1989. – 279 с.
3. Автоальянс: автокаталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.autoopt.ru/auto/catalog/truck/>
4. Инженерный консалтинг: Программный продукт Creo Parametric [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.solver.ru/products/cadprod/creo/creo-parametric.asp>
5. Солтус А. П. Математична модель коливань керованого колеса автомобіля, викликаних гідравлічним підсилювачем кермового керування / А. П. Солтус, С. М. Черненко // Вісник КДПУ. – Кременчук, 2006. – Вип. 6/2006 (37). Ч.2. – С. 52-56.

Рецензент:

Сахно В. П. доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів, Київ, Україна