

УДК 629.373.3: 629.3.017.3

**Черненко С.М.,** доцент кафедри автомобілів і тракторів, к.т.н.  
**Мурашко О.А.,** аспірант кафедри автомобілів і тракторів  
*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського*

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІСНОГО КЕРУЮЧОГО МОДУЛЯ

Однією з найважливіших систем автомобіля є комплекс, який об'єднує механізми і пристрої кермового керування і керовані мости з колесами. Оскільки такий комплекс є механізмом, що перетворює керуючий сигнал в керуючий фактор, розглянуту систему названо колісним керуючим модулем. Він забезпечує зміну траєкторії руху транспортного засобу і впливає безпосередньо на безпеку руху [1].

Для синхронізації повороту правого і лівого колеса однієї осі вони пов'язані шарнірним механізмом - кермовою трапецією, яка забезпечує поворот правого і лівого коліс на різні кути, що дозволяє їм котитися на повороті з різними радіусами без проковзування [2].

Розрахункова схема для визначення передавального числа кермової трапеції в загальному вигляді представлена на рис. 1.  $O_1XYZ$  – основна системи координат. Додаткова система  $O_1X'Y'Z'$  отримана поворотом основної відносно осей  $X$  і  $Y$  на кути відповідно  $\beta_{ш}$  і  $\alpha_{ш0}$ , а система  $O_1X''Y''Z''$  - спочатку плоско паралельним переносом центру  $O_1$  основної системи в центр  $O_1'$  (точку перетину осей шворня і цапфи правого колеса), а потім поворотом основної системи відносно осей  $X$  і  $Y$  на кути відповідно  $\beta_{ш}$  і  $\alpha_{ш0}$ . Схема для визначення координат центрів кулькових пальців поперечної тяги представлена на рис.2.

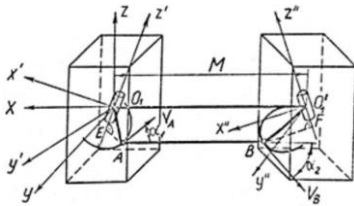


Рис. 1 - Розрахункова схема кермової трапеції

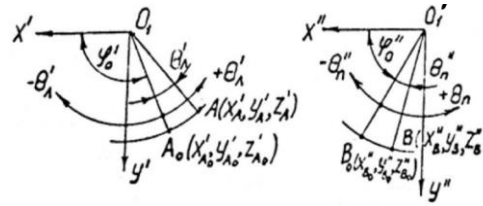


Рис. 2 - Схема для визначення координат центрів кулькових пальців поперечної тяги

Розрахунок передавального числа кермової трапеції проводився за алгоритмом, що представлений в роботі [3]. Для розрахунку взято автомобіль КраЗ-7634 НЕ колісної формули 8x8 з двома керованими мостами. Вихідні дані для проведення кінематичного розрахунку: при нейтральному положенні керованих коліс координати центру шарніра поперечної тяги лівого колеса точки  $A_0(X_{A_0} = -42,5; Y_{A_0} = 189,5; Z_{A_0} = -195)$ ; кути поперечного  $\alpha_{ш0} = 9,5^\circ$  і поздовжнього  $\beta_{ш0} = 5,5^\circ$  нахилів шворнів, кут  $\gamma_{ш0} = -0,5^\circ$  розвалу керованих коліс в нейтральному положенні, відстань  $K = 1704$  мм між точками перетину осей шворнів і цапф, база автомобіля для першого і другого керованого мосту відповідно  $B_1 = 6450$  мм;  $B_2 = 4700$  мм, максимальний кут повороту лівого колеса  $\theta_{max} = 30^\circ$  з кроком  $\Delta = 5^\circ$ . Згідно з методикою, що наведена в роботах [2], [3], проведено розрахунок кінематичних параметрів плоскої та об'ємної трапеції в програмі Microsoft Excel, а результати представлені у вигляді графіків. На рисунках 3, 4, 5 та 6 зображено графіки різниці між теоретичним та реальним кутами повороту правого керованого колеса 1 та 2 мосту плоскої та об'ємної трапеції.

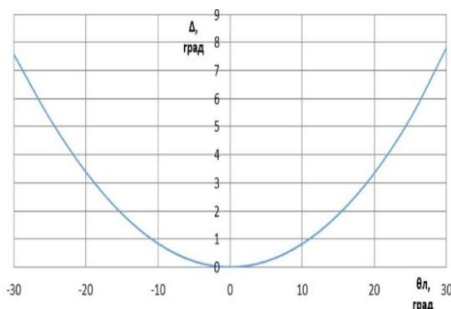


Рис. 3 - Графік різниці між теоретичним та реальним кутами повороту правого колеса 1 мосту

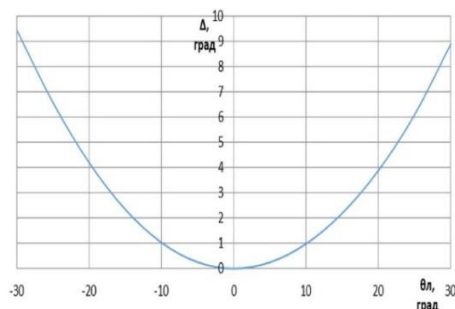


Рис. 4 - Графік різниці між теоретичним та реальним кутами повороту правого колеса 2 мосту

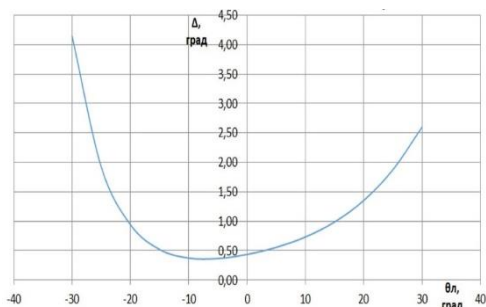


Рис. 5 - Графік різниці між теоретичним та реальним кутами повороту правого колеса 1 мосту

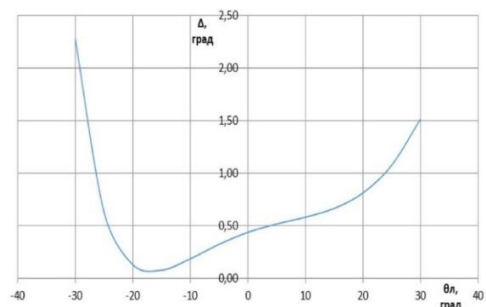


Рис. 6 - Графік різниці між теоретичним та реальним кутами повороту правого колеса 2 мосту

Для полегшення розрахунку кермової трапеції даного автомобіля було розроблено 3D модель кермового керування, потім був зібраний механізм в програмі Creo Parametric, яка має дійсні координати вузлів, точок приводу. Дана модель була створена для порівняння результатів, отриманих графічним і аналітичним способом, а також полегшення проведення розрахунків.

Після створення 3D моделі був проведений наглядний поворот керованих коліс ліворуч і праворуч для визначення передавального числа. Схеми дослідження кінематики кермового керування у програмі Creo Parametric зображено на (рис. 7).

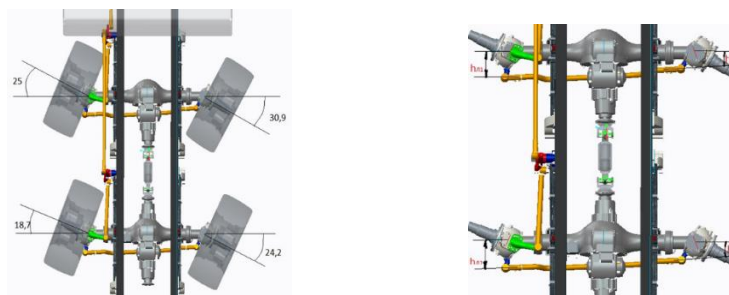


Рис. 7 - Дослідження кінематики кермового керування у програмі Creo Parametric

На основі проведених досліджень побудовано графік залежності передавального числа трапеції, що зображений на (рис. 8), як при аналітичному методі дослідження для плоскої та об'ємної трапеції так і при графічному методі дослідження за допомогою Creo Parametric.

Можна зробити висновок, що при визначенні кутів повороту керованих коліс аналітичний метод розрахунку об'ємної трапеції є наближеним до графічного у всьому діапазоні повороту керованих коліс. Найбільше значення відносної похибки між аналітичним і графічним методами визначення передавального числа складає для об'ємної трапеції - 18,2%, а для плоскої - 83,3% при повороті праворуч на максимальний кут 30°. При повороті ліворуч найбільше значення відносної похибки між аналітичним і графічним методами визначення передавального числа складає для об'ємної трапеції - 5,2%, а для плоскої - 18,5%.

Найбільше значення відносної похибки при розрахунку передавального числа плоскої та об'ємної трапеції складає - 55% при повороті праворуч на максимальний кут. При повороті ліворуч на максимальний кут - 12,7%.

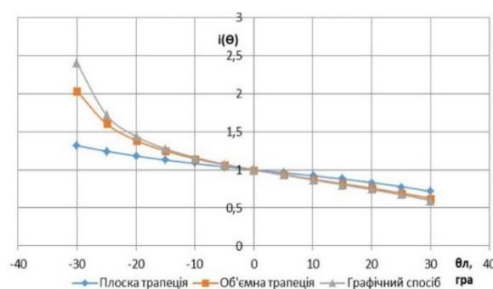


Рис. 8 - Залежність  $i(\theta) = f(\theta_l)$

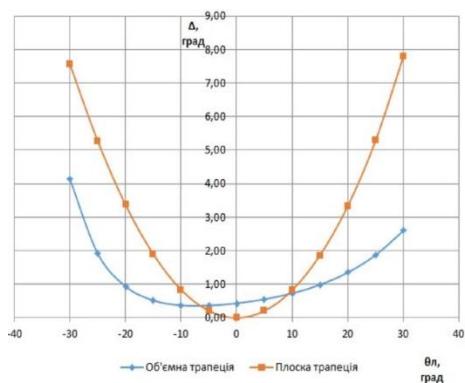


Рис. 9 - Різниця між теоретичним та реальним кутами повороту правого колеса 1 мосту плоскої та об'ємної трапецій

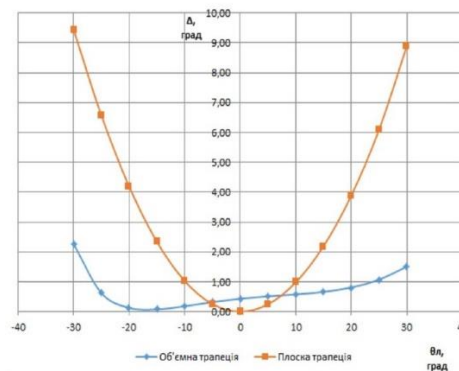


Рис. 10 - Різниця між теоретичним та реальним кутами повороту правого колеса 2 мосту плоскої та об'ємної трапецій

На рисунках 9 та 10 зображено графіки різниці між теоретичним та реальним кутами повороту правого колеса 1 та 2 мосту плоскої та об'ємної трапецій. Отже графіки засвідчують більш точні результати розрахунків за допомогою об'ємної моделі кермової трапеції

Зусилля на кермовому колесі збільшується зі збільшенням передавального числа кермової трапеції. Встановлено, що для автомобіля КрАЗ-7634 НЕ при куті повороту праворуч  $30^\circ$  різниця передавальних чисел складе 55% а при повороті ліворуч на  $30^\circ$  - 12,7%, що є неприпустимим при розрахунку даного параметра. Отже під час розрахунків силових параметрів колісного керуючого модуля доцільно використовувати передавальне число кермової трапеції, яке враховує просторову модель з нахилами шворня.

**Висновки.** На прикладі транспортного засобу великої вантажності КрАЗ-7634 НЕ розроблено тривимірну модель кермового керування, проведено імітаційні дослідження кінематичних процесів. У результаті проведених досліджень отримано різницю між теоретичним і реальним кутами повороту 1 та 2 мосту при різних кутах повороту. Ця різниця для правого колеса 1 мосту плоскої трапеції є симетричною і складає майже  $8^\circ$  і є тим більшою, чим більшим є кут повороту колеса. Найбільша різниця для правого колеса 1 мосту об'ємної трапеції при повороті праворуч складає  $4,14^\circ$ , а при повороті ліворуч –  $2,6^\circ$ . Різниця для правого колеса 2 мосту плоскої трапеції складає близько  $9^\circ$  як при повороті ліворуч так і праворуч і є тим більшою, чим більшим є кут повороту колеса. Найбільша різниця для правого колеса 2 мосту об'ємної трапеції при повороті праворуч складає  $2,27^\circ$ , а при повороті ліворуч  $-1,51^\circ$ .

Розраховані значення передавального числа кермової трапеції при різних кутах нахилу шворня за двома моделями – плоскою і об'ємною. Встановлено, що для автомобіля КрАЗ-7634 НЕ при куті повороту праворуч  $30^\circ$  різниця в передавальних числах складає 55%. Отже під час розрахунків силових параметрів колісного керуючого модуля доцільно використовувати передавальне число кермової трапеції, яке враховує просторову модель з нахилами шворня.

#### Література

1. Черненко С. М. Підвищення стійкості колісного керуючого модуля проти коливань, викликаних гідравлічним підсилювачем кермового керування автомобіля : дис. кандидата техн. наук : 05.22.02 / Черненко Сергій Михайлович. – Київ, 2005 – 147 с.
2. Черненко, С. М., Клімов, Е. С., Черниш, А. А., & Пузир, Р. Г. (2019). Оптимізація параметрів чотириланкової кермової трапеції на основі плоскої моделі. Вісник машинобудування та транспорту, (2), 141-147.
3. Chernenko, S., Klimov, E., Chernish, A., Pavlenko, O., & Kukhar, V. (2018). Simulation technique of kinematic processes in the vehicle steering linkage. International Journal of Engineering & Technology, 7(4.3), 120-124.