

Крайник Т.Л.  
*ВАТ “Український інститут автобусо-тролейбусобудування”*

## ОПТИМІЗАЦІЯ СУМІЩЕННЯ КІНЕМАТИКИ КЕРМОВОГО ПРИВОДУ ТА ПЕРЕДНЬОЇ ПІДВІСКИ АВТОМОБІЛЯ МЕТОДАМИ КОМП'ЮТЕРНОГО 3D-СИНТЕЗУ

Опрацьовано методику комп'ютерного просторового (3D) синтезу та оптимізації суміщення кінематики кермового приводу та передньої підвіски автомобіля з умов мінімізації відхилень траєкторій осей поворотного кулака кермового приводу коліс та переміщення – амплітуди ходу коліс, заданих кінематикою підвіски.

**Ключові слова:** кінематика кермового приводу і передньої підвіски, суміщення, просторова оптимізація кінематики.

**Постановка проблеми.** Відчутне підвищення законодавчих нормативних вимог з 2015р. в Україні [1] стосовно стійкості і керованості руху колісних транспортних засобів (КТЗ) обумовлює особливу значимість ретельного опрацювання даної проблематики ще на етапі дослідно – конструкторських робіт. Однією з проблем в цьому плані є суміщення кінематики переміщення керованих коліс, що задаються, з одного боку, траєкторією переміщення передньої підвіски, з іншого боку – траєкторією переміщення поворотного кулака кермового приводу. Обидві колові траєкторії певних радіусів, що задаються кінематикою напрямних передньої підвіски та кінематикою кермової трапеції/поздовжньої тяги, формуються з умов мінімізації відхилень впродовж всієї амплітуди ходу підвіски та повороту керма. Розузгодженість накладання цих траєкторій більше 2-3<sup>0</sup> обумовлює втрату стійкості руху на відповідних режимах руху [2,3]. Класичне вирішення цієї проблеми конструктивного синтезу кінематики обидвох систем базується на двомірному аналізі у поперечній та поздовжній площинах стосовно напрямку руху/кузова автомобіля. Зростаючі вимоги що до безпеки руху, а, відповідно стійкості і керованості [1], поряд з можливостями об'ємного (3D) моделювання – аналізу і синтезу систем на базі сучасної комп'ютерної техніки, обумовлюють перехід до методології об'ємного, просторового синтезу і оптимізації кінематики систем, що дозволяє більш повно (в т.ч. з врахуванням просторових суміщень і кутів установки ланок) реалізувати, як аналіз, так і параметричну оптимізацію обидвох систем (насамперед кермового приводу).

Відповідно метою роботи є формування методики оптимізації суміщення кінематик кермового приводу та передньої підвіски КТЗ з умов забезпечення стійкості та керованості руху.

**Результати досліджень.** В роботах [4-5] викладено основні засади просторового 3D синтезу кінематики кермового приводу та суміщення з передньою підвіскою на прикладі розробки у ВАТ “Укравтобуспром” малотоннажної вантажівки (категорії N1) ТУР В031 з переднім, некласичним розміщенням кермової трапеції та незалежною пружинною підвіскою. Стосовно автобусів задне моторної компоновки (категорії М3) та великотоннажних спеціальних самохідних шасі у найбільш складному варіанті – з винесенням вперед робочим місцем водія/кермовим механізмом а, відповідно, необхідністю використання розрізної поздовжньої тяги, та незалежною передньою пневмопідвіскою, просторова кінематична схема, рис.1, описується системою рівнянь, що характеризує для прийнятих початково на етапі ескізної компоновки довжин і кутів установки ланок:

– переміщення важелів підвіски А і В, К і L та маятникового важеля Е, Н і G у поздовжній та поперечній площинах (стосовно напрямку руху);

– переміщення 5 поворотних важелів (АВ, CD, DI, KJ, KL);

– переміщення жорстко пов'язаних з осями обертання шарнірів С і М.

Загалом еквівалентна кінематична схема (рис.10) складається з 15 рухомих ланок, що сполучені 26 сферичними шарнірами та 8 циліндричними парами і описується 24 рівняннями вищезгаданих 3 типів (без врахування податливості – пружно-демпфуючих характеристик ланок і з'єднань).

Очевидно, що з умов практики проектних робіт і навантажень пріоритетним в плані корегування конструктивних параметрів (довжин і кутів установки) є власне кінематика кермового приводу (з одночасним дотриманням першочергових умов дотримання співвідношення кутів повороту внутрішнього і зовнішнього керованих коліс згідно [3]. Загальна структура кінематичного синтезу системи «підвіска-кермовий привід» надано у нашій роботі [5]. Структура деталізації оцінки суміщення площин обертання і повороту керованих коліс представлена на рис.2.

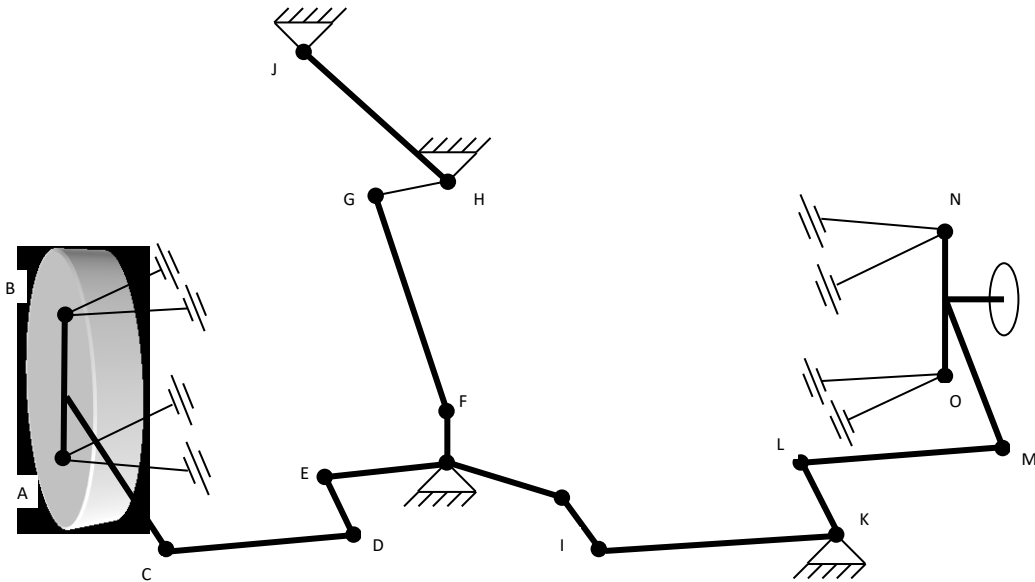


Рис. 1 Просторова кінематична схема кермового приводу автобуса вагонної компоновки з незалежною передньою підвіскою

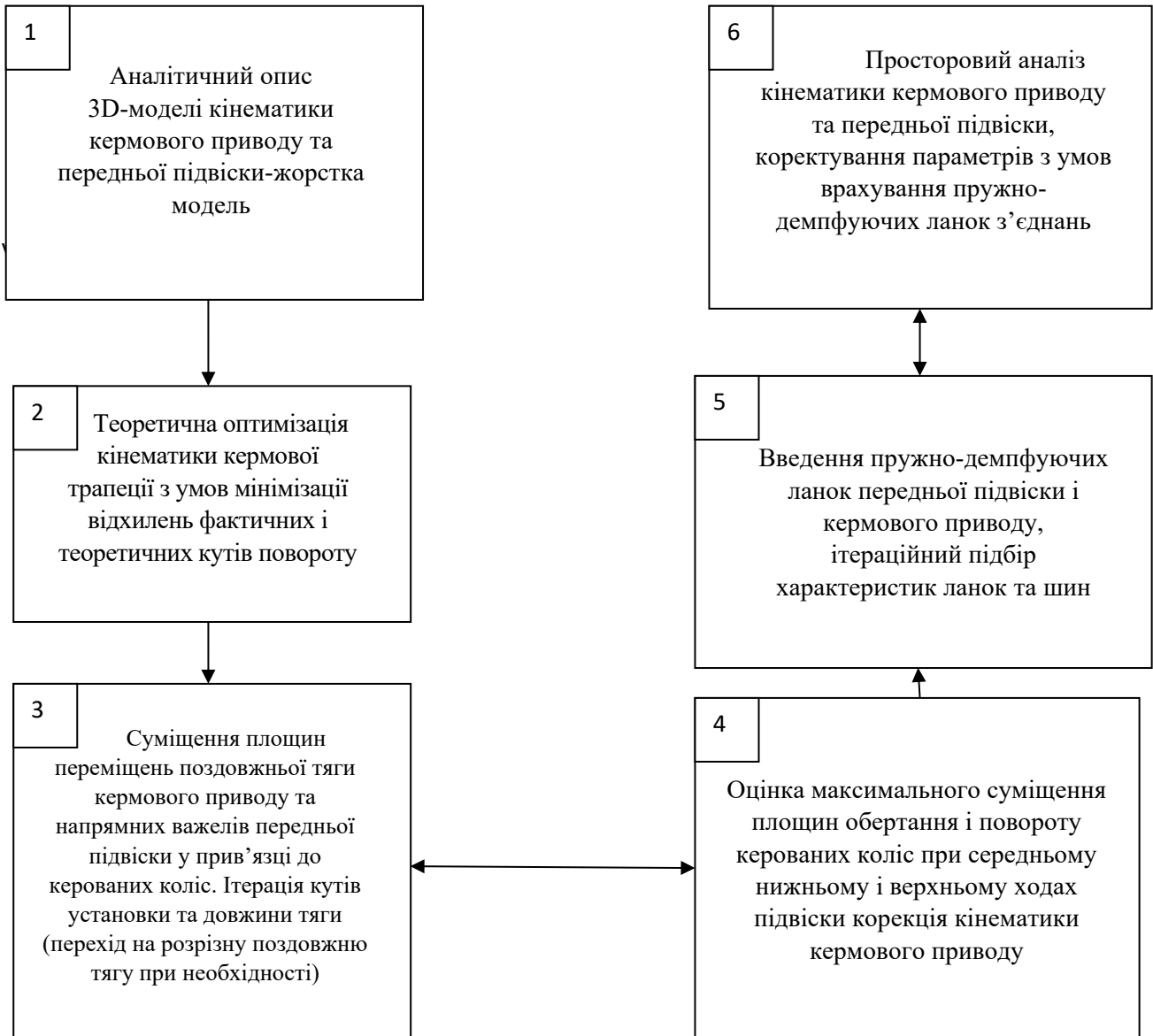


Рис. 2 Структура оптимізації кінематики суміщення кермового приводу та передньої підвіски

Процес оптимізації значень довжин і кутів установки ланок кермового приводу, як правило, у проектній практиці легше здійснювати методом ітераційного – змін конструктивних (вищезазначених) ланок з умов оцінки наближення площин переміщень до мінімально можливих відхилень. (Повне накладання) суміщення цих площин впродовж амплітуди ходу підвіски є нереальним). Можливий і більш складний, автоматизований алгоритм комп'ютерного розрахунку (на базі так зв. градієнтних методів чи інших), однак при цьому майже співставимі затрати часу конструктора щодо формування граничних умов автоматизованого пошуку і умов уникнення ефекту локального екстремума до досягнення кращого результату.

Паралельно необхідно здійснювати на кожному кроці ітерації перевірку дотримання допустимого співвідношення кутів повороту зовнішнього і внутрішнього керованих коліс при повороті вліво-вправо, що мають суттєвий вплив на керованість і стійкість руху.

Однак з умов сертифікації автомобіля, де чітко регламентується курсова стійкість при екстремому гальмуванні (Правил ЄЕК ООН №13) без утримання водієм керма, власне незадовільне суміщення кінематики кермового приводу і передньої підвіски, як показує реальний досвід робіт по автобусах [6], є першопричиною невідповідності конструкції.

Отримане таким чином кінематична схема приводу з визначеними довжинами і кутами установки ланок дозволяє перейти до силового аналізу (підбору необхідних поперечних перерізів тяг та наконечників приводу), а також до підбору необхідних осьових та радіальних жорсткостей гумометалевих шарнірів приводу та характеристик шин. Податливість приводу і шин у свою чергу змінює раніше визначену теоретичну кінематику переміщень / суміщення апіорі абсолютно жорсткої структурної схеми приводу, що обумовлює необхідність відповідного корегування геометричних параметрів ланок приводу (рис. 2).

Для цього у еквівалентну схему рис.1, вводяться відповідні елементи податливості (жорсткості) і демпфування з'єднань та самих шин з прикладанням взаємін кінематичних в'язей відповідних радіальних і осьових навантажень при реальних, граничних режимах роботи приводу.

Очевидно, враховуючи появу додаткових елементів і їхнього опису (для схеми на рис. 1. – 7б рівень) процес параметричної оптимізації здійснюється поетапно, починаючи з найбільш навантажених вузлів з завершенням оцінкою кінематики переміщень приводу в цілому на граничних режимах навантажень і амплітуд переміщень підвіски.

Практична реалізація даного підходу у дослідно-конструкторських роботах ВАТ Укравтобуспром, зокрема по малотоннажній вантажівці ТУР ВО31 та автобусах III класу, проведені в об'ємі приймальних дорожніх випробування щодо забезпечення нормативно обумовлених показників стійкості та керованості руху засвідчили ефективність методики 3D – синтезу та практичну значимість для галузі.

**Висновки.** Представлена методика просторового, об'ємного синтезу кінематики кермового приводу та суміщення з кінематикою передньої на базі сучасних комп'ютерних технологій підвіски вигідно вирізняється від класичних, двомірних методів графоаналітичного аналізу і підбору та забезпечує відчутно вищу точність і ефективність у процесі дослідно-конструкторських робіт.

1. Накази Міністерства економічного розвитку України від 02.12.2014 р. №1430 та №1431.
2. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля./ Литвинов А.С. – Москва, Машиностроение, 1971. – 246 с.
3. Раймпель Й. Шасси автомобиля: рулевое управление/пер. с немецкого В.Н. Пальянова. – Москва, Машиностроение, 1977 – 232 с.
4. Крайник Т.Л. Суміщення кермового проиводу і незалежної підвіски автомобіля./ Крайник Т.Л., Гудз Г.С. // Весник ХНАДУ, вип. 41, Харків, 2008. – С. 62-64.
5. Крайник Т.Л. Структурний синтез та кінематика суміщення кермового приводу і незалежної підвіски автомобіля /Крайник Т.Л., Гудз Г.С.// Вісті Авто-дорожного інституту Дон НТУ, вип. 6(14), Горлівка, 2008, – С. 3-6.
6. Попович В.В. Деякі дорожні дослідження стійкості та керованості автобуса А074 з різними видами кермового приводу./ В.В. Попович // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів: Щорічний науково-виробничий журнал – Львів, 2014. Випуск 22. – С. 113-118.

## REFERENCES

1. Orders of Ministry of Economic Development and Trade of Ukraine of 02.12.2014 p. №1430 and №1431.
2. Litvinov, A. (1971). *Controllability and stability of the car*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 246 p.
3. Raumpel, J. (1977). *Car Chassis: Steering*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 232 p.

4. Krainyk, T. & Gudz, G. (2008). Combining proyvodu steering and independent suspension car. *Visnyk HNADU*, no. 41, Kharkiv, pp. 62-64.
5. Krainyk, T. & Gudz, G. (2008). Structural synthesis and kinematics of combining a steering drive and independent suspension car. *Visti Avto-dorozhnoho instytutu Don NTU*, No. 6 (14), Horlovka, pp. 3-6.
6. Popovich, V. (2014). Some road of stability and control bus A074 with different types of steering actuator. *Design, manufacture and operation of vehicles and trains: Annual Scientific Production Journal - Lviv*, Issue 22. pp. 113-118.

**Крайник Л.В. Оптимизация совмещения кинематики рулевого привода и передней подвески автомобиля методами 3D-синтезу.**

Представлено методику компьютерного пространственного (3D) синтеза и оптимизации совмещения кинематики рулевого привода и передней подвески автомобиля из условий минимизации отклонений траекторий осей поворотного кулака рулевого привода колес и перемещения – амплитуды хода колес, заданных кинематикой подвески.

**Ключевые слова:** кинематика рулевого привода и передней подвески, совмещение, оптимизация пространственной кинематики.

**L. Krainyk. Optimization of combination steering gear kinematics and front suspension of the car-synthesis techniques 3D.**

Presented method of computing the spatial (3D) synthesis and optimization of combination of kinematics of the steering gear and front suspension of the car of the conditions of minimizing deviations rotary steering knuckle drive axles and wheels trajectories move - the amplitude of the stroke of the wheels, axle kinematics given.

**Keywords:** kinematics of the steering gear and front suspension alignment, optimization of spatial kinematics.

**АВТОР:**

**КРАЙНИК Тарас Любомирович**, головний конструктор, ВАТ «Укравтобуспром», м.Львів, e-mail: [lbusua@gmail.com](mailto:lbusua@gmail.com)

**АВТОР:**

**КРАЙНИК Тарас Любомирович**, главный конструктор ОАО «Укравтобуспром», г.Львов, e-mail: [lbusua@gmail.com](mailto:lbusua@gmail.com)

**AUTHOR:**

**Taras KRAINYK**, chief designer of "Ukravtobusprom", Lviv; e-mail: [lbusua@gmail.com](mailto:lbusua@gmail.com)

Стаття надійшла в редакцію 18.04.2016р.