

А. Солтус

Професор, д-р. техн. наук

Е. Клімов

Інженер

Кременчуцький державний
політехнічний університет імені
Михайла Остроградського,
м. Кременчук

В. Пилипенко

Канд. техн. наук,
ВАТ «Кременчуцьке АТП-15356»,
м. Кременчук

УДК 625.06/08(031)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОЛОЖЕННЯ ТОЧКИ ЗУСТРІЧІ ОСІ ШВОРНЯ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ НА ПОВОРОТ КЕРОВАНОВОГО КОЛЕСА НА МІСЦІ

Проведені дослідження радіуса траєкторії руху точки контакту жорсткого фальш-колеса при повороті на місці. Отримана залежність для його розрахунку.

жорстке фальш-колесо, радіус траєкторії руху, точка контакту, нахил шворня

Розрахунок параметрів кермового керування колісних машин проводиться за максимальним моментом опору повороту керованих коліс, який виникає при їх повороті на місці на сухому асфальтобетоні. При цьому основною складовою цього моменту є момент опору повороту шини. Величина останнього буде істотно залежати від положення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно контактної відбитки.

Виходячи з вищенаведеного, логічно впливають два можливі принципові випадки повороту керованого колеса: перший випадок — точка зустрічі осі шворня знаходиться у межах контактної відбитки; другий — точка зустрічі знаходиться за межами контактної відбитки. Очевидно, що кожний з цих принципових випадків визначатиме особливості кінематики керованих коліс при повороті як на місці, так і під час руху колісної машини, а, отже, й відповідні залежності для розрахунку величини моменту опору повороту шини.

Аналіз конструкції керованих мостів вантажних автомобілів показав, що за наявності залежної підвіски та відсутності колісних редукторів точка зустрічі осі шворня знаходиться у межах контактної відбитки. При повороті керованих коліс таких автомобілів на місці вони не обертаються відносно осей цапф, що підтверджу-

ється аналізом результатів експериментальних досліджень автомобілів сімейств КрАЗ та КамАЗ. При цьому з'ясовано, що центром відносного повороту контактної відбитки шини буде точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею.

У результаті аналізу праць [1, 2], присвячених визначенню цього моменту опору повороту шини, можна зробити висновок, що його величина залежатиме від кута повороту керованого колеса відносно осі шворня, величини коефіцієнта зчеплення шини з опорною поверхнею. Крім цього, на його значення впливатимуть розміри контактної відбитки, навантаження на колесо, положення точки зустрічі осі шворня відносно геометричного центра контактної відбитки.

Щодо керованих мостів з колісними редукторами та за наявності незалежної торсійної підвіски, то у них точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться за межами контактної відбитки. Це підтверджується аналізом результатів експериментальних досліджень повнопривідного автомобіля Вепр-К «Командир», в якого встановлені колісні редуктори, незалежна високоходова торсійна підвіска коліс. Аналіз проведених експериментальних досліджень цього автомобіля показав, що при повороті такого керованого колеса на місці воно, на

відміну від попереднього випадку, обертатиметься відносно осі цапфи.

Разом з цим, аналіз літературних джерел засвідчив, що це явище недостатньо досліджене: не визначено положення центра повороту відбитка, траєкторію, по якій переміщається центр відбитка, вплив коефіцієнта зчеплення, нерівномірності розподілу тиску шини на опорну поверхню по всій площі контактного відбитка на траєкторію руху центра відбитка. Усе це потребує проведення досліджень. На цьому етапі проведемо дослідження з жорстким фальшколесом на стенді [3], оскільки це забезпечить можливість положення точки зустрічі осі шворня за межами відбитка, який являтиме собою точку.

Мета статті — визначити центр повороту відбитка шини залежно від положення точки зустрічі осі шворня відносно контактної поверхні.

Матеріал і результати дослідження. На рис. 1 наведено схему для дослідження центра повороту точки контакту жорсткого фальшколеса при повороті на місці. Фальшколесо являє собою обід широкопрофільної шини з регульованим тиском повітря розміру 1300×530-533 мод. ВІ-3. До обода приварено металеву пластину з радіусом заокруглення 0,571 м. Дослідження проводились на установці [3], яка включала раму та передній міст автомобіля КрАЗ-260, замість еластичного лівого колеса, було встановлено жорстке фальшколесо, яке опиралося на металеву пластину завтовшки 15 мм. Експеримент проводився з лівим керованим фальшколесом при знятих поздовжній і поперечній тягах та силовому циліндрі. Навантаження на колесо складало 27282 Н. Експериментально визначений радіус колеса дорівнював 0,571 м. Довжина цапфи складала 0,225 м. Люфти в підшипниках маточини та шворневого вузлі були відсутні.

Для фіксації траєкторії руху колеса до металевієї пластини колеса закріплювався самописець, який встановлювався у точці зустрічі осі шворня з опорною поверхнею.

Дослідження траєкторії руху точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею проводилось для двох випадків: жорстке фальшколесо не торкається опорної поверхні, що відповідає за особливостями повороту шини керованого колеса, коли точка зустрічі осі шворня знаходиться у межах контактної поверхні, а колесо при повороті на місці не обертається відносно осі цапфи (рис. 1, а); колесо опирається на опорну поверхню, що відповідає особливостям повороту шини керованого колеса, коли точка зустрічі осі шворня знаходиться за межами контактної поверхні, а при повороті на місці кероване колесо повертається відносно осі цапфи (рис. 1, б).

Аналіз результатів проведених таким чином досліджень показав, що у першому випадку траєкторія руху точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею є точкою. Це підтверджує, що у випадку, коли точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться у межах контактної поверхні, то поворот відбитка здійснюється відносно точки зустрічі осі з опорною поверхнею. На більшості автомобілів при повороті керованих коліс на місці вони не обертаються відносно осей цапф.

У другому випадку при повороті колеса на місці воно обертається відносно осі цапфи. Самописець, встановлений у точці зустрічі осі шворня з опорною поверхнею,

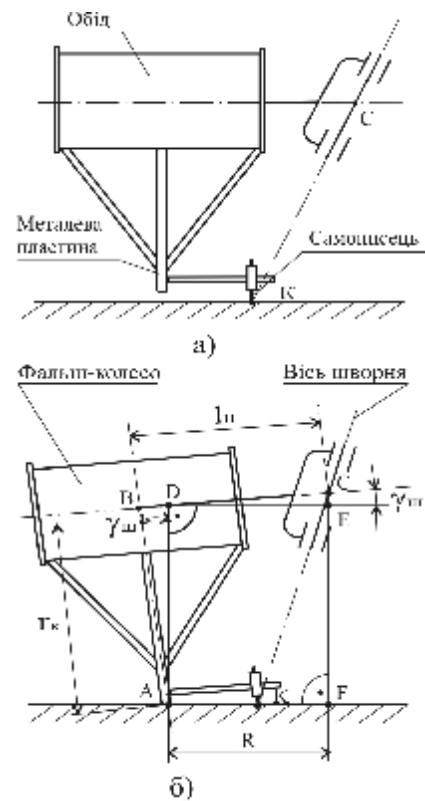


Рис. 1. Схема для дослідження центра повороту точки контакту: а — фальшколесо підняте, б — фальшколесо опущене

на відміну від першого випадку, зафіксував траєкторію руху з центром повороту, який є проекцією центра осі шворня на опорну поверхню.

Згідно з рис. 1 центром повороту буде точка F , яка є проекцією центра шворня, точки C , на опорну поверхню. Очевидно, що центр відбитка, точка A , рухатиметься по траєкторії змінного радіуса кривини, оскільки положення центра шворня, точки C , залежатиме від поточного кута розвалу керованого колеса.

З аналізу рис. 1 видно, що радіусом траєкторії руху буде відрізок $AF = R$, який дорівнює відрізку DE , оскільки відрізки $AD \parallel EF$ та $AF \parallel DE$.

Розглянувши $\triangle DEC$, знайдемо

$$DE = DC \cos \gamma_{sh}.$$

У свою чергу, відрізок DC визначимо так:

$$DC = BC - BD.$$

З аналізу $\triangle ABD$ запишемо

$$BD = AB \operatorname{tg} \gamma_{sh}.$$

Оскільки відрізок BC дорівнює довжині цапфи, AB — радіус колеса, то, враховуючи вищевказане, радіус траєкторії руху центра відбитка шини R визначимо з виразу

$$R = (l_y - r_k \operatorname{tg} \gamma_{sh}) \cos \gamma_{sh}, \quad (1)$$

де R — радіус траєкторії руху центра відбитка жорсткого фальшкокола при повороті на місці; $\gamma_{ш}$ — поточний кут розвалу жорсткого фальшкокола; l_y — довжина цапфи; r_k — радіус колеса.

Щодо поточного кута розвалу, то його визначимо за формулою [4]

$$\gamma_{ш} = \gamma_{ш0} + \alpha_{ш}(1 - \cos\theta) \pm \beta_{ш} \sin\theta, \quad (2)$$

де $\gamma_{ш0}$ — кут розвалу керованого колеса у нейтральному положенні; $\alpha_{ш}, \beta_{ш}$ — кути поперечного та поздовжнього нахилів шворня; θ — кут повороту колеса відносно осі шворня.

Після підстановки до виразу (1) значення поточного кута розвалу, який визначимо за формулою (2), отримуємо формулу для розрахунку радіуса траєкторії руху центра відбитка точки A , коли точка зустрічі осі шворня знаходиться за його межами, а привід розблокований:

$$R = \left\{ l_y - r_k \operatorname{tg}[\gamma_{ш0} + \alpha_{ш}(1 - \cos\theta) \pm \beta_{ш} \sin\theta] \right\} \times \cos[\gamma_{ш0} + \alpha_{ш}(1 - \cos\theta) \pm \beta_{ш} \sin\theta]. \quad (3)$$

Знак (+) у формулі (3) беремо для лівого колеса при повороті ліворуч від нейтрального положення, а знак (-) — при повороті праворуч.

З аналізу формули (3) видно, що величина радіуса траєкторії руху керованого колеса у кожний момент часу залежить від кута повороту колеса відносно осі шворня, нахилів шворня, величин довжини цапфи та радіуса колеса. При нейтральному положенні керованого колеса та при нульовому куті розвалу радіус кривини траєкторії руху колеса дорівнює довжині цапфи.

Схему дослідження для визначення вірогідності залежності (3), яке проведено на установці [3], наведено на рис. 2.

При цьому встановлювальні параметри керованого колеса відрізнялись від заводських, оскільки встановлювався нульовий кут поздовжнього нахилу шворня за допомогою клинів. Ці клини встановлювали між передніми ресорами та балкою моста.

Методика визначення радіуса траєкторії руху фальшкокола полягала у наступному. З одного боку, шлях, що пройде центр контакту, точка A , при повороті на місці, можна подати як добуток кута повороту колеса відносно осі шворня на невідомий нам радіус траєкторії руху центра відбитка, точки A :

$$S = R\theta, \quad (5)$$

де S — шлях, що пройде центр контакту, точка A , при повороті на місці; R — радіус траєкторії руху, який експериментально будемо досліджувати; θ — кут повороту колеса відносно осі шворня, який будемо задавати важелем.

Для визначення кута повороту колеса до важеля прикріплювався висок, за допомогою якого відмічалось положення колеса на спеціальному секторі, нанесеному на опорній поверхні. У цій залежності невідомими величинами є шлях S , що проходить центр контакту колеса, та радіус траєкторії його руху R .

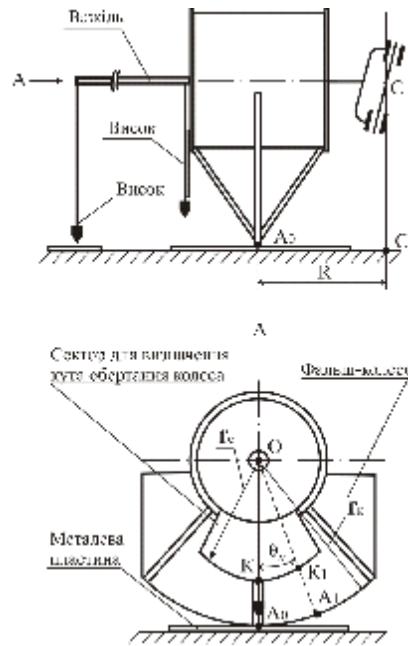


Рис. 2. Принципова схема визначення радіуса траєкторії руху центра контакту фальшкокола

З іншого боку, шлях, що проходить колесо при повороті на місці, припустивши, що ковзання по опорній поверхні відсутнє, можна визначити за відомою залежністю

$$S_k = r_k \theta_k, \quad (6)$$

де S_k — шлях, що пройде центр відбитка фальшкокола при повороті його на місці; θ_k — кут обертання колеса відносно осі цапфи.

Кут обертання колеса визначимо експериментально за допомогою сектора, що кріпився до обода колеса, та виска, закріпленого до важеля. Для забезпечення точності вимірів радіус сектора збільшувався і складав $r_c = 0,5$ м.

У нейтральному положенні фальшкокола на секторі по виску робилась початкова відмітка, точка K . Після повороту фальшкокола на кут θ відносно осі шворня на секторі робилась по виску наступна відмітка, точка K_1 . За дугою KK_1 і радіусом $OK = r_c$ визначимо кут обертання фальшкокола за виразом

$$\theta_k = \frac{\text{дуга } KK_1}{OK}. \quad (7)$$

Прирівнявши шляхи $S = S_k$, отримуємо рівняння

$$r_k \theta_k = R\theta.$$

У цьому рівнянні невідомою величиною є радіус траєкторії руху центра контакту, який визначимо так:

$$R = \frac{r_k \theta_k}{\theta}. \quad (8)$$

Виміри проводилися при повороті фальшкокола ліворуч і праворуч від нейтрального положення на 5, 10 та 20°. За отриманими експериментальними значеннями

Результати розрахунку радіуса кривини траєкторії руху точки контакту фальшколеса, визначені за кутом його перекочування

Параметр	Поворот ліворуч				Поворот праворуч			
	20°	10°	5°	0°	5°	10°	20°	
Кут повороту колеса відносно осі шворня, θ	20°	10°	5°	0°	5°	10°	20°	
Кут повороту колеса відносно осі цапфи, θ_k	8,02°	4,07°	2,01°	0°	2,06°	4,12°	8,08°	
Поточний кут розвалу колеса, $\gamma_{\text{шк}}$	-0,1809	-0,5790	-0,6273	-0,6876	-0,6755	-0,5067	-0,1153	
Розраховані за формулою (3) значення радіуса R , мм	222,59	225,72	230,04	231,83	231,24	230,76	226,8	
Експериментальні значення радіуса R , мм, визначені з урахуванням залежності (8)	229,03	232,3	229,03	231,83	235,57	235,57	230,66	

кутів повороту фальш-колеса відносно осі шворня θ та обертання відносно осі цапфи θ_k за виразом (8) визначимо значення радіуса траєкторії руху центра відбитка точки A .

Розрахункові значення цього радіуса були отримані за формулою (3). При цьому враховувались фактичні поточні кути розвалу колеса, які визначались за допомогою додаткового виска через тангенс кута нахилу обода за різницею віддалей між виском та ободом. Результати досліджень радіуса траєкторії руху центра відбитка наведено у табл. 1.

З аналізу даних у таблиці видно, що розраховані за формулою (3) значення радіуса траєкторії руху центра контакту жорсткого фальшколеса збігаються з експериментальними даними. При цьому максимальна похибка не перевищує 2,1%.

Висновки. Якщо точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться за межами контакту жорсткого колеса, то центр контакту жорсткого колеса рухатиметься по траєкторії змінного радіуса кривини, центр якої буде проекцією центра шворня на опорну поверхню. Щодо радіуса кривини траєкторії руху центра відбитка, то він є функцією нахилів шворня, кута повороту та радіуса колеса, довжини цапфи та кута розвалу колеса у нейтральному положенні.

У нейтральному положенні колеса при нульовому куті розвалу радіус траєкторії руху центра контакту жорсткого фальшколеса дорівнює довжині цапфи.

Література

1. Солтус А.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. — К.: Арістей, 2006. — 176 с.
2. Солтус А.П., Ямгуров О.В. О предельном по сцеплению моменте сопротивления поворота шины на месте // Вісник КДПУ. — Кременчук, 2006. — Вип. 2/2006 (37). — Ч. 1. — С. 40—43.
3. Солтус А.П., Бурлыга М.Б. Экспериментальная установка для исследования гидроусилителя на устойчивость колес против колебаний // Науч. труды КГПИ. — Кременчук: КГПИ. — 1997. — Вып. 2. — Ч. III. — С. 28—32.
4. Солтус А.П., Черненко С.М. Определение весового стабилизирующего момента от комбинированного наклона шворня // Автомобильный транспорт // Сб. науч. тр. — Харьков: ХНАДГУ. — Вып. 12. — С. 23—26.

Отримана 10.12.08

A. Soltus, E. Klimov, V. Pylypenko*

The research of effect of pivot bolt point position axis with bearing area upon steering wheel turnings without motion
Kremenchuk State Polytechnical University, Kremenchuk;
*VAT «Kremenchuk ATP 15356», Kremenchuk

The article presents the research of mechanical trajectory radius of rigid stub gear during the wheel rotation by an axis. The dependence for its calculation has been obtained.

21 01 01 00 3 0

MULTISCALE EFFECTS IN FATIGUE METALS

Ecole Polytechnique, Palaiseau, France
5 July 2010 - 9 July 2010

Chairperson: **Dr. Andrei**

Polytechnique Laboratoire de Mécanique des Solides
91128 Palaiseau cedex, France phone: +33 1 69 33 57

56fax: +33 1 69 33 57 06

E-mail: andrei.constantinescu@lms.polytechnique.fr

Co-Chairperson: **Dr. Pedro Donatella Portella**

German Federal Institute for Material Research and
Testing,
Berlin, Germany

Website: <http://www.lms.politechnique.fr>