

УДК 625.06/08(031)

ВПЛИВ ПЛЕЧА ОБКАТКИ НА ОСОБЛИВОСТІ ПОВОРОТУ КЕРОВАНОГО КОЛЕСА НА МІСЦІ

Солтус А.П., д.т.н., проф., Клімов Е.С.

Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського

39600 м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20

E-mail: avtotr@polytech.poltava.ua

Пилипенко В.І.

ВАТ “Кременчуцьке АТП-15356”

32626 м. Кременчук, вул. Київська, 64

E-mail: atpdp@sat/poltava.ua

Проведены теоретические и экспериментальные исследования по определению радиуса траектории движения точки контакта жесткого фальш-колеса при повороте на месте. Получена зависимость для его определения.

Ключевые слова: жесткое фальш-колесо, радиус траектории движения, точка контакта, наклоны шворня.

The article deals with theoretical and experimental research concerning definition of mechanical trajectory radius of rigid stub gear contact point during the wheel rotation by an axis. The relationship has been obtained according to its determination.

Keywords: rigid stub gear, mechanical trajectory radius, contact point, pivot bolt turnings.

Вступ. Аналіз конструктивних параметрів керованих мостів вантажних автомобілів високої прохідності, у яких відсутні колісні редуктори, показав, що точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться у межах контактної відбитки шини. Якщо спробуємо повертати кероване колесо таких автомобілів на місці, то у цьому випадку при повороті воно не обертається відносно осі цапфи. Це підтверджується аналізом літературних джерел, у яких розглядаються визначення моменту опору повороту керованих коліс на місці, а також проведеними спеціальними дослідженнями повороту керованих коліс автомобілів КрАЗ та КамАЗ. При цьому центром повороту контактної відбитки шини керованого колеса є точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею.

Щодо конкретного моменту опору повороту шини керованого колеса на місці для цього випадку, то він достатньо глибоко є вивченим і є відповідні залежності для його розрахунку.

Однак наявність колісних редукторів керованих коліс призводить до того, що точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться за межами контактної відбитки. Проведений аналіз експериментальних досліджень автомобіля ВЕПР-К «Командир», у якого встановлені колісні редуктори, показав, що при повороті такого керованого колеса на місці воно обертається відносно осі цапфи, на відміну від випадку, коли точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею буде знаходитись у його межах, або привод буде заблокований.

Разом з цим із аналізу літературних джерел, присвячених вивченню цього явища, можна зробити висновки, що воно недостатньо вивчене: невідомо по якій траєкторії рухається центр відбитки шини, яким чином впливають на траєкторію руху коефіцієнт зчеплення, величина зміщення точки зустрічі осі шворня з опорною поверхнею відносно відбитки шини, нері-

вномірність розподілення тиску на опорну поверхню по всьому відбитку шини. Усе це потребує подальших досліджень. На даному етапі проведемо дослідження на спеціальному стенді з жорстким фальш-колесом [1], оскільки заміна еластичного колеса на жорстке фальш-колесо забезпечить, що точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею буде знаходитись за межами контактної відбитки. Останній у цьому випадку буде являти собою точку. Результати таких досліджень наведено у даній роботі.

Мета роботи. Визначити траєкторію руху центра контакту жорсткого фальш-колеса при повороті на місці, коли точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться за його межами.

Матеріал і результати дослідження. На рис.1 наведено розрахункову схему для визначення радіуса траєкторії руху центра контакту жорсткого фальш-колеса. Із аналізу рис.1 видно, що кероване фальш-колесо повертається відносно осі шворня, який у загальному випадку має поперечний та поздовжній нахили шворня. Контакт колеса з опорною горизонтальною поверхнею знаходиться у точці А, радіус траєкторії руху якої будемо визначати у площині опорної поверхні.

За наявності нахилів шворня при повороті керованого колеса на місці поточний кут розвалу колеса буде змінюватись, що викличе переміщення точки С (точки перетину осей цапфи та шворня).

Проведений аналіз спеціальних експериментальних досліджень на створеній кафедрою «Автомобілі та трактори» КДПУ імені Михайла Остроградського установці [2], показав, що радіусом кривизни траєкторії руху центра контакту жорсткого фальш-колеса є відрізок на опорній поверхні між центром контакту та проекцією точки перетину осей шворня і цапфи на цю поверхню.

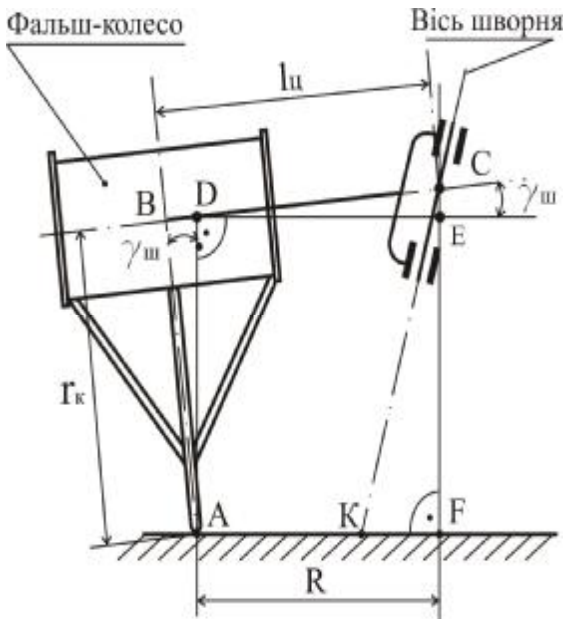


Рисунок 1 – Схема для визначення радіуса траєкторії руху центра контакту жорсткого фальш-колеса

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

Із аналізу $\triangle DEC$ знайдемо

$$DE = DC \cos \gamma_{ш}.$$

Відрізок DC визначимо так

$$DC = BC - BD.$$

Із $\triangle ABD$ запишемо

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

Оскільки відрізок BC дорівнює довжині цапфи, AB – радіус колеса, тоді, враховуючи вищевказане, радіус траєкторії руху колеса R визначимо за виразом

$$R = (l_{ц} - r_k \operatorname{tg} \gamma_{ш}) \cos \gamma_{ш}, \quad (1)$$

де R – радіус траєкторії руху колеса при повороті на місці;

$\gamma_{ш}$ – поточний кут розвалу керованого колеса;

$l_{ц}$ – довжина цапфи;

r_k – радіус колеса.

Щодо поточного кута розвалу, то його визначимо за формулою [3]

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

де $\gamma_{ш0}$ – кут розвалу керованого колеса у нейтральному положенні;

$\alpha_{ш}, \beta_{ш}$ – кути поперечного та поздовжнього нахилу шворня;

θ – кут повороту колеса відносно осі шворня.

Підставивши до виразу (1) значення поточного кута розвалу, який визначимо за формулою (2), одержимо залежність для визначення радіуса траєкторії руху центра відбитка точки A , коли точка зустрічі осі шворня знаходиться за його межами, а привод роз блокований

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

Знак (+) у формулі (3) беремо для лівого колеса при повороті вліво від нейтрального положення, а знак (-) – при повороті вправо.

Із 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 кривизни траєкторії руху колеса дорівнює довжині цапфи.

Для перевірки вищевказаного на установці [2], яка включала раму та передній міст автомобіля КраЗ-260, замість еластичного лівого колеса, було встановлено жорстке фальш-колесо, яке опиралося на металеву пластину завтовшки 15 мм. Експеримент проводився з лівим керованим фальш-колесом 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 шворневому вузлі були відсутні.

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

Щодо визначення фактичних кутів нахилу шворня, то воно пов'язане із значними труднощами та необхідністю мати відповідні прилади для заміру кутів. Однак визначення кутів повороту керованих коліс і поточних кутів нахилу шворнів не викликає особливих труднощів. Так, визначення поточного кута розвалу за допомогою виска через тангенс кута нахилу обода за різницею відстаней до обода забезпечує достатньо високу точність виміру. Кути повороту керованого колеса визначались за кутом повороту важеля, прикріпленого до маточини керованого колеса, що забезпечило достатньо високу точність замірів. Останній вимірювався за допомогою виска, що прикріплювався до важеля та шкали на опорній поверхні з розбивкою до $0,15^\circ$.

Використовуючи залежність (3), запишемо поточні кути розвалу лівого фальш-колеса при повороті вліво та вправо від нейтрального положення

$$\gamma_{ш1} = \gamma_0 + \alpha_{ш} (1 - \cos \theta_1) + \beta_{ш} \sin \theta_1$$

$$\gamma_{ш2} = \gamma_0 + \alpha_{ш} (1 - \cos \theta_2) - \beta_{ш} \sin \theta_2$$

де θ_1, θ_2 – кути повороту лівого фальш-колеса відповідно вліво та вправо від нейтрального положення;

$\gamma_{ш1}, \gamma_{ш2}$ – поточні кути розвалу лівого фальш-колеса при повороті відповідно вліво та вправо від нейтрального положення;

При рівності кутів повороту фальш-колеса вліво

та вправо $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ система рівнянь набуде вигляду

$$\gamma_{ш1} = \gamma_0 + \alpha_{ш} (1 - \cos \theta) + \beta_{ш} \sin \theta$$

$$\gamma_{ш2} = \gamma_0 + \alpha_{ш} (1 - \cos \theta) - \beta_{ш} \sin \theta$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь відносно кутів нахилу шворня, одержимо

$$\alpha_{ш} = \frac{\gamma_{ш1} + \gamma_{ш2} - 2\gamma_{ш0}}{2(1 - \cos \theta)}, \beta_{ш} = \frac{\gamma_{ш1} - \gamma_{ш2}}{2 \sin \theta} \quad (4)$$

Для визначення кутів нахилу шворня проводились виміри кутів поточного розвалу фальш-колеса та кута його розвалу в нейтральному положенні. При вимірах кутів розвалу застосовувався висок, який кріпився до кронштейна, встановленого на фальш-колесі. Висок являв собою металеву струну завтовшки 0,2 мм з прикріпленим до нижнього кінця вантажем, який забезпечував стабільний натяг. Для забезпечення точності вимірів відстаней між струною виска та ободом фальш-колеса використовувалась штангенциркуль з точністю вимірів 0,1 мм.

Під час проведення експериментальних досліджень контролювалось положення балки моста виміром відстаней між опорною поверхнею та місцями кріплення ресор до балки моста.

Незалежним параметром був вибраний кут повороту керованого колеса, який задавався значеннями 5°, 10° та 20° при повороті вліво та вправо від нейтрального положення. За одержаними результатами експериментальних досліджень поточного кута розвалу та кута розвалу в нейтральному положенні було розраховано за формулою (3) значення нахилів шворня лівого керованого колеса. Результати розрахунків наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків кутів нахилу шворня

$\theta,$	5°	10°	20°
$\gamma_{ш1}, ^\circ$	-0,6393	-5790	-0,4222
$\gamma_{ш2}, ^\circ$	-0,6634	-0,5066	-0,3136
$\alpha_{ш}, ^\circ$	9,51	9,53	9,3
$\beta_{ш}, ^\circ$	0,28	-0,2	-0,156

Аналіз результатів проведених досліджень показав, що у нейтральному положенні керованого колеса балка моста знаходилась у горизонтальному положенні, отже, поперечний кут нахилу шворня не відрізнявся від заводського і складав 9,5°. Вимірний за допомогою виска, кут розвалу фальш-колеса у нейтральному положенні складав $\gamma = -0,6876^\circ$. Під час проведення експериментальних досліджень спостерігався підйом лівого кінця балки моста у вертикальній площині, що викликало зміну кута нахилу балки відносно горизонтальної поверхні. При повороті фальш-колеса вліво кут нахилу балки збільшився на 0,158°, а при повороті вправо – на 0,08°. Спостерігався також поворот балки моста відносно поперечної осі автомобіля. При повороті фальш-колеса вліво на 30° балка моста повернулась за годинниковою стрілкою на 0,52°, а при повороті фальш-колеса на 30° вправо балка моста повернулась також

за годинниковою стрілкою тільки на 0,35°.

Із аналізу вищенаведеного видно, що нахил та поворот балки суттєво не вплинули на кути поперечного та поздовжнього нахилів шворня.

Принципову схему експериментального визначення радіуса траєкторії руху центра контакту фальш-колеса наведено на рис. 2.

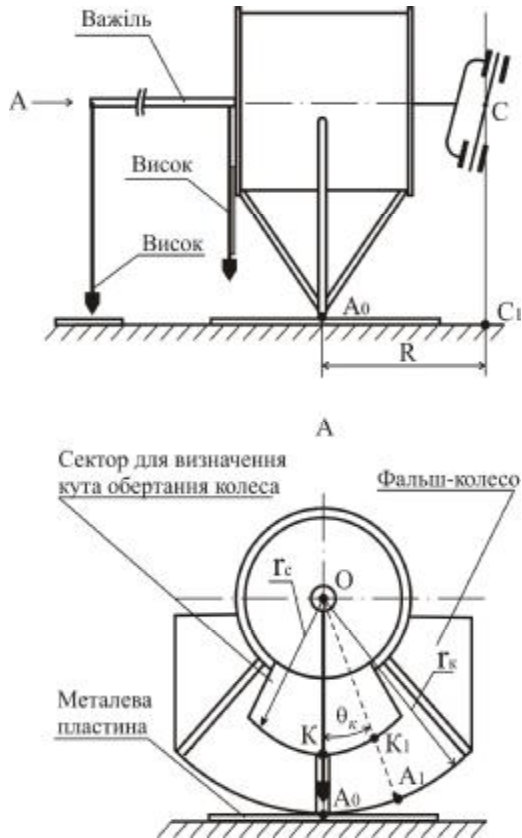


Рисунок 2 – Принципова схема визначення радіуса траєкторії руху центра контакту фальш-колеса

Методика визначення радіуса траєкторії руху фальш-колеса полягала у наступному. З одного боку шлях, що пройде центр контакту (точка А) при повороті на місці, можна представити як добуток кута повороту колеса відносно осі шворня на невідомий нам радіус траєкторії руху

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

де S – шлях, що пройде центр контакту (точка А) при повороті на місці;

R – радіус траєкторії руху, який експериментально будемо досліджувати;

θ – кут повороту колеса відносно осі шворня, який будемо задавати важелем.

У цій залежності невідомими величинами є шлях, що проходить центр контакту колеса, та радіус траєкторії його руху.

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

домою залежністю

$$S_K = r_K \theta_K, \quad (6)$$

де S_K – шлях, що пройде центр відбитка фальш-колеса при повороті його на місці;

θ_K – кут обертання колеса відносно осі цапфи.

Кут обертання колеса θ_K визначимо експериментально за допомогою сектора, що кріпився до обода колеса, та виска, закріпленого на важелі. Для забезпечення точності вимірів радіус сектора складав $r_c = 0,5$ м. У нейтральному положенні фальш-колеса на секторі по виску робилась початкова відмітка

(точка К). Після повороту фальш-колеса 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 фальш-колеса за виразом

$$\theta_K = \frac{\cup KK_1}{OK}. \quad (7)$$

Прирівнявши шляхи $S = S_K$, одержимо рівняння

$$r_K \theta_K = R\theta.$$

Таблиця 2 – Результати розрахунку радіуса кривизни траєкторії руху точки контакту фальш-колеса, визначені за кутом перекочування фальш-колеса

Кут повороту колеса, θ	Поворот уліво				Поворот управо		
	20°	10°	5°	0°	5°	10°	20°
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, м	229,03	232,3	229,03	231,83	235,57	235,57	230,66

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 фальш-колеса вліво і вправо від нейтрального положення на 5°, 10° та 20°. За одержаними експериментальними значеннями 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 А.

Розрахункові значення цього радіуса було отримано за формулою (3). При цьому враховувались фактичні кути нахилу шворня, які визначались за вищенаведеною методикою. Результати досліджень радіуса траєкторії руху центра відбитка наведено у табл. 2.

З аналізу табл. 2 видно, що розраховані за формулою (3) значення радіуса траєкторії руху центра контакту жорсткого фальш-колеса збігаються з експериментальними даними. При цьому максимальна похибка не перевищує 2,08% і знаходиться у межах точності вимірів.

Висновки. Якщо точка зустрічі осі шворня з опорною поверхнею знаходиться за межами контакту жорсткого колеса, то центр контакту жорсткого колеса буде рухатися по траєкторії змінного радіуса кривизни, який 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 фальш-колеса дорівнює довжині цапфи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Солтус А.П., Черненко С.М. Исследование весового стабилизирующего момента от поперечного наклона шкворня // Вісник КДПУ. – Кременчук, 2002. – Вип. 3/2002(14). – С. 68-73.
2. Солтус А.П., Бурлига 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.
3. Солтус А.П., Черненко С.М. Определение весового стабилизирующего момента от комбинированного наклона шкворня // Автомобильный транспорт // Сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДГУ. – Вып. 12. – С. 23-26.

Стаття надійшла 18.11.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Масловим О.Г.