

УДК 625.06/08(031)

ДОСЛІДЖЕННЯ МОМЕНТУ ОПОРУ ПОВОРОТУ ШИНИ КЕРОВАНОГО КОЛЕСА НА МІСЦІ ЗАЛЕЖНО ВІД ДОВЖИНИ ЦАПФИ

А. П. Солтус, Е. С. Клімов

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: avtotr@kdu.edu.ua

Розглянуто поворот на місці розблокованого керованого колеса при розташуванні точки зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею за межами контактної відбитка. Показано, що закручування тіла шини відбувається за час проходження центром колеса половини повздовжньої вісі контактної відбитка, кут закручування залежить від радіуса траєкторії руху контактної відбитка та довжини повздовжньої вісі відбитка, момент опору повороту шини зумовлений коченням керованого колеса та закручуванням тіла шини. Установлено вплив довжини цапфи на момент опору повороту шини розблокованого керованого колеса на місці.

Ключові слова: момент, довжина цапфи, відбиток шини, відносний поворот.

ИССЛЕДОВАНИЕ МОМЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОВОРОТА ШИНЫ УПРАВЛЯЕМОГО КОЛЕСА НА МЕСТЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДЛИНЫ ЦАПФЫ

А. П. Солтус, Э. С. Климов

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: avtotr@kdu.edu.ua

Рассмотрен поворот на месте разблокированного управляемого колеса при расположении точки встречи оси шворня с опорной поверхностью за пределами контактного отпечатка. Показано, что закручивание тела шины происходит за время прохождения центром колеса половины продольной оси контактного отпечатка, угол закручивания зависит от радиуса траектории движения контактнoго отпечатка и длины продольной оси отпечатка, момент сопротивления повороту шини вызван качением управляемого колеса и закручиванием тела шини. Установлено влияние длины цапфы на момент сопротивления повороту шини разблокированного управляемого колеса на месте.

Ключевые слова: момент, шина, длина цапфы, относительный поворот.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Розрахунки параметрів кермових керувань колісних машин та їх гідравлічних підсилювачів здійснюють за максимальним значенням моменту опору повороту керованих коліс, яке виникає при їх повороті на місці на поверхнях з високим коефіцієнтом зчеплення. Визначальною складовою цього моменту при повороті на таких поверхнях є момент опору повороту шини.

Відомо, що величина моменту опору повороту шини керованого колеса на місці залежить від кінематики контактної відбитка, яка, у свою чергу, визначається станом привода керованого колеса (блокований або розблокований) та положенням точки зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею відносно контактної відбитка (знаходиться в межах або за межами відбитка) [1].

У більшості існуючих колісних машин точка зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею знаходиться в межах контактної відбитка, а поворот керованих коліс на місці відбувається при розблокованому приводі.

Дослідженню моменту опору повороту шини керованого колеса на місці для цього випадку присвячені роботи ряду вчених [1–5]. Із аналізу цих робіт установлено, що незалежно від стану привода керованого колеса при розташуванні точки зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею в межах контактної відбитка з достатньою для практичних розрахунків точністю, прийнято, що кероване колесо при повороті на місці не перекочується по опорній поверхні. При такому повороті точка зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею вважається центром відносного повороту відбитка шини. Існуючі залежності дозволяють визначити момент опору повороту шини за-

лежно від навантаження на кероване колесо, коефіцієнта зчеплення, геометричних розмірів контактної відбитка та положення точки зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею відносно геометричного центра контактної відбитка.

Відомі колісні машини (автомобілі високоефективної прохідності сімейства ВЕПР), у яких за наявності незалежної торсійної підвіски та колісних редукторів у приводі керованих коліс точка зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею знаходиться за межами контактної відбитка. Для цього випадку відома робота [6], у якій наведено результати дослідження моменту опору повороту шини заблокованого керованого колеса під час його повороту на місці.

З аналізу результатів цих досліджень установлено, що при повороті керованого колеса на кут більший за 13° контактний відбиток шини ковзає по опорній поверхні. Центром, відносно якого рухається відбиток шини, є точка зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею. Існує залежність для визначення граничного за зчепленням моменту опору повороту шини.

Поворот на місці керованого колеса з розблокованим приводом при розташуванні точки зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею за межами контактної відбитка супроводжується його коченням по опорній поверхні [1]. Щодо визначення моменту опору повороту шини керованого колеса у цьому випадку, то з аналізу літературних джерел установлено, що такі залежності відсутні.

Ураховуючи, що положення точки зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею визначається довжиною цапфи, то виникає необхідність дослідження впливу довжини цапфи на момент опору повороту

шини керованого колеса на місці за умови його кочення по опорній поверхні.

Метою даної роботи є дослідження моменту опору повороту шини розблокованого керованого колеса під час його повороту на місці залежно від довжини цапфи.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Поворот розблокованого керованого колеса на місці за умови, що точка зустрічі вісі шворня з опорною поверхнею знаходиться за межами контактної відбитка, супроводжується його коченням по опорній поверхні. Під час повороту такого керованого колеса на місці на недеформованій опорній поверхні з високим коефіцієнтом зчеплення залежно від довжини цапфи точки контактної відбитка, можуть бути у стані зчеплення (швидкість точок відбитка $V = 0$), або в стані ковзання (швидкість точок відбитка $V \neq 0$). За умови відсутності ковзання контактної відбитка під час кочення керованого колеса точки шини будуть входити у контакт з опорною поверхнею, знаходитись у стані зчеплення з цією поверхнею та виходити із контакту з нею. При цьому відбиток шини буде постійно поновлюватись та буде змінювати своє положення в площині опорної поверхні.

За час між моментом входу точки шини в контакт з опорною поверхнею та моментом її виходу з контакту жорсткий обід колеса буде рухатись відносно цієї точки. Між контактним відбитком шини, який силами зчеплення утримується нерухомо на опорній поверхні, та жорстким обідом буде відбуватись закручування тіла шини, внаслідок чого обід керованого колеса повертатиметься відносно контактної відбитка шини.

Для визначення особливостей руху керованого колеса з пневматичною шиною, яке під час повороту перекочується по опорній поверхні з постійним поновленням контактної відбитка, розглянемо модель керованого колеса з пневматичною шиною, що складається з n - і кількості елементарних еластичних коліс. Принципову схему такої моделі наведено на рис. 1.

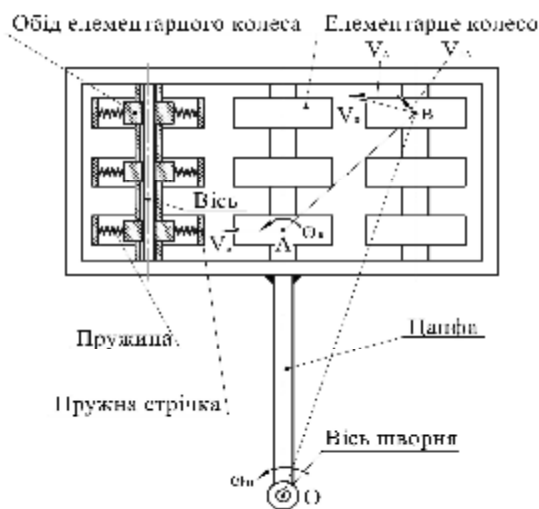


Рисунок 1 – Принципова схема колеса з пневматичною шиною

Із аналізу рис. 1 видно, що кожне елементарне еластичне колесо складається з тіла шини та жорсткого обода. До тіла шини входить пружна стрічка та пружини, через які стрічку з'єднано з жорстким обідом. Контакт елементарного еластичного колеса з опорною поверхнею відбувається через елементарний контактний відбиток.

Елементарні еластичні колеса встановлено на вісях так, що вони можуть вільно обертатись відносно них. Вісі, на яких знаходяться елементарні еластичні колеса, паралельними рядами нерухомо закріплено на рамі, яка виконує роль цапфи реального колеса. Цапфа повертається з кутовою швидкістю w_u відносно вісі шворня, яку на даному етапі досліджень прийнято перпендикулярною опорній поверхні. Точка O є центром повороту обода колеса.

Розглянемо рух центрів ободів елементарних коліс A та B . Прийнемо, що пружність тіла шини кожного з елементарних коліс, нормальний тиск на опорну поверхню в елементарній площадці кожного із коліс та коефіцієнт зчеплення в контактні елементарного колеса з опорною поверхнею однакові.

Відбиток шини елементарного колеса з центром A лежить на внутрішній стороні контактної відбитка шини. Центр цього колеса знаходиться у точці перетину внутрішньої сторони відбитка шини з перпендикуляром, опущеним із центра повороту, точки O , на поздовжню вісь відбитка шини.

Під час повороту цапфи елементарне колесо із центром A буде перекочуватись по опорній поверхні, а його центр буде рухатись по колу радіусом OA . Швидкість центра колеса A визначиться так:

$$\vec{V}_A = \vec{w}_u \times \vec{OA}, \quad (1)$$

де \vec{OA} – радіус-вектор центра A .

Щодо швидкості центра елементарного колеса B , то її згідно з положеннями теоретичної механіки запишемо так:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}, \quad (2)$$

де \vec{V}_B – вектор швидкості центра елементарного колеса B , який перпендикулярний відрізку OB ;

\vec{V}_A – вектор швидкості центра елементарного колеса A , який перпендикулярний відрізку OA ;

\vec{V}_{BA} – вектор швидкості центра елементарного колеса B , відносно центра елементарного колеса A . Цей вектор перпендикулярний відрізку, що з'єднує центри елементарних коліс A та B .

Аналогічно можна визначити швидкість центрів кожного з елементарних коліс, за винятком елементарного колеса із центром A .

Оскільки центр елементарного колеса A є центром відносного руху, то він буде брати участь тільки у переносному русі. Це елементарне колесо буде колесом чистого кочення.

Визначимо кутову швидкість відносного руху точок обода колеса w_0 .

Згідно з рис. 1, швидкість центрів A та B запишемо так:

$$\vec{V}_B = \vec{w}_y \times \vec{OB}, \quad \vec{V}_A = \vec{w}_y \times \vec{AO}, \quad \vec{V}_{BA} = \vec{w}_e \times \vec{AB}. \quad (3)$$

Після підстановки залежностей (3) до виразу (2) отримаємо:

$$\vec{w}_y \times \vec{OB} = \vec{w}_y \times \vec{AO} + \vec{w}_e \times \vec{AB}. \quad (4)$$

Невідомою величиною у виразі (4) є кутова швидкість відносного руху W_e .

Якщо врахувати, що $\vec{OB} = \vec{AO} + \vec{AB}$, то умови рівняння (4) будуть виконані при $w_y = w_e$, тобто

$$\vec{w}_y \times \vec{OB} = \vec{w}_y \times \vec{AO} + \vec{w}_y \times \vec{AB}. \quad (5)$$

Таким чином, кутова швидкість відносного руху точок обода колеса дорівнює кутовій швидкості переносного руху, яку задаємо поворотом цапфи, а швидкість точок обода у переносному русі буде визначатись швидкістю центра відносного руху, яким є центр колеса чистого кочення.

Із вищенаведеного випливає, що закручування тіла шини під час повороту керованого колеса зумовлено відносним поворотом точок обода колеса. Розглянемо процес повороту обода керованого колеса відносно точки контактного відбитка з моменту її входу в контакт з опорною поверхнею і до моменту її виходу з контакту. Схеми, що пояснюють цей поворот, наведено на рис. 2.

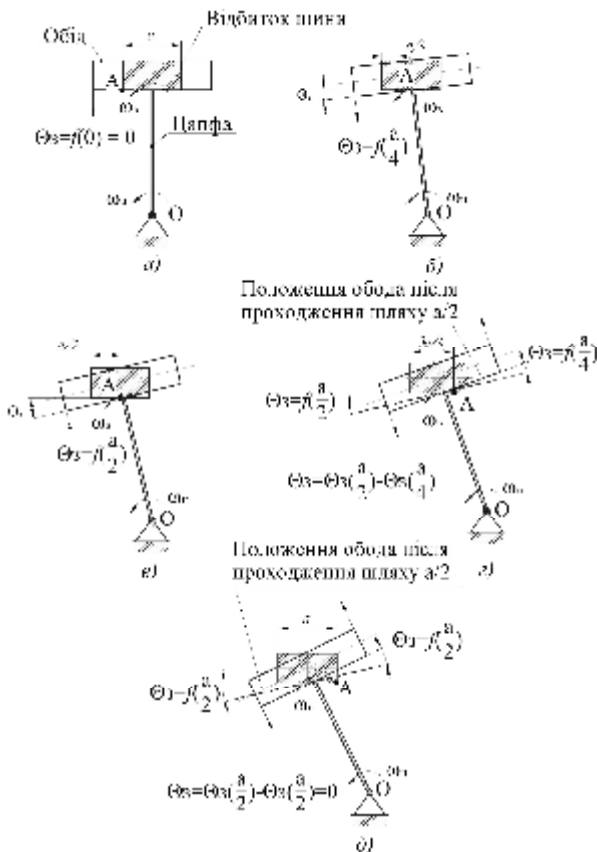


Рисунок 2 – Схеми для визначення кута закручування тіла шини

З аналізу рис. 2 видно, що відбиток шини представлено прямокутником, повздовжня вісь якого

дорівнює a . Поворот обода будемо розглядати відносно точки A , яка знаходиться на внутрішній стороні відбитка шини.

На рис. 2,а зображено момент входу точки A в контакт з опорною поверхнею. Згідно з прийнятими умовами з цього моменту її швидкість дорівнює нулю, а обід колеса починає рухатись відносно неї. У цей момент кут закручування тіла шини відсутній $\Theta_3 = 0$.

На рис. 2,б зображено положення обода колеса відносно контактного відбитка шини, коли центр колеса пройшов шлях $s = \frac{a}{4}$. Обід відносно точки A переміщується згідно з рис. 2,б униз, зумовлюючи закручування тіла шини. Кут закручування Θ_3 є функцією пройденого ободом шляху $\Theta_3 = f\left(\frac{a}{4}\right)$.

На рис. 2,в зображено положення обода відносно контактної відбитка шини, коли центр колеса пройшов шлях, що дорівнює половині довжини поздовжньої вісі контактної відбитка $s = \frac{a}{2}$. За час проходження цього шляху обід відносно точки A продовжує переміщатись униз, зумовлюючи закручування тіла шини на кут Θ_3 , який є функцією пройденого шляху $s = \frac{a}{2}$ ($\Theta_3 = f\left(\frac{a}{2}\right)$).

На рис. 2,г зображено положення обода відносно контактної відбитка шини, коли центр колеса пройшов шлях $s = \frac{3}{4}a$. За час проходження центром колеса відстані від $\frac{a}{2}$ до $\frac{3}{4}a$ його обід відносно точки A змінює напрям руху на протилежний та починає переміщатись угору, зумовлюючи зменшення кута закручування тіла шини. У цьому випадку кут закручування тіла шини буде визначатись як різниця між кутами закручування:

$\Theta_3 = \Theta_3\left(\frac{a}{2}\right) - \Theta_3\left(\frac{3}{4}a\right)$.

На рис. 2, д зображено положення обода колеса відносно контактної відбитка, коли центр колеса, рухаючись по криволінійній траєкторії, пройде шлях, що дорівнює довжині відбитка $s = a$. За час проходження центром колеса відстані від $\frac{3}{4}a$ до a обід колеса продовжує переміщатись угору відносно точки контакту, зумовлюючи зменшення кута закручування. Після проходження центром колеса шляху $s = a$, кут закручування буде дорівнювати нулю. Точка A з цього моменту вийде з контакту з опорною поверхнею, а її швидкість $V \neq 0$.

На момент входу точки A в контакт з опорною поверхнею і на момент виходу її із контакту з опорною поверхнею кут закручування тіла шини дорівнюватиме нулю за умови, що кут повздовжнього нахилу шворня буде відсутній.

На момент входу точки A в контакт з опорною поверхнею і на момент виходу її із контакту з опорною поверхнею кут закручування тіла шини дорівнюватиме нулю за умови, що кут повздовжнього нахилу шворня буде відсутній.

На момент входу точки A в контакт з опорною поверхнею і на момент виходу її із контакту з опорною поверхнею кут закручування тіла шини дорівнюватиме нулю за умови, що кут повздовжнього нахилу шворня буде відсутній.

З наведеного випливає, що закручування тіла шини буде відбуватись за час проходження центром колеса шляху, що дорівнює половині повздовжньої вісі контактного відбитка.

Визначимо кут закручування тіла шини, що зумовлений коченням керованого колеса по криволінійній траєкторії. Розрахункову схему наведено на рис. 3.

На рис. 3 зображено положення відбитка шини до та після проходження центром колеса шляху $s = \frac{a}{2}$, за який відбувається закручування тіла шини.

Точка B є центром відносного повороту контактної відбитка шини. По траєкторії руху цього центра будемо визначати траєкторію руху відбитка шини. Точка O – центр переносного руху контактної відбитка. $R = OB$ – радіус кривизни траєкторії руху контактної відбитка. $\angle ABD = \Theta_3$ є кутом закручування тіла шини.

Кут закручування $\Theta_3 = \angle ABD = \angle BOC$ як кути із взаємно перпендикулярними сторонами.

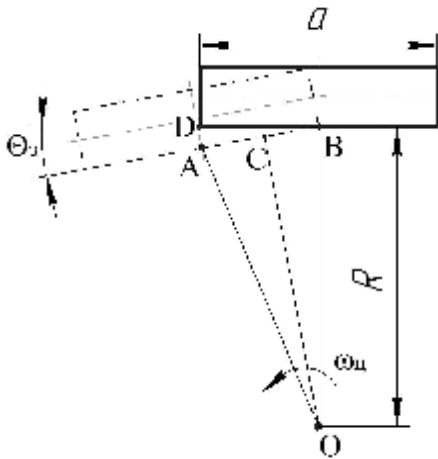


Рисунок 3 – Розрахункова схема для визначення кута закручування тіла шини під час руху колеса по криволінійній траєкторії при $b_{ш} = 0$

З аналізу $\triangle BOC$:

$$\sin \angle BOC = \frac{BC}{OB} = \frac{a}{4R}, \text{ оскільки } BC = \frac{AB}{2} = \frac{a}{4}.$$

Ураховуючи, що при малих значеннях кутів його синус наближається до значення кута в радіанах, з достатньою для практичних розрахунків точністю можна записати:

$$\Theta_3 = \frac{a}{4R}. \quad (7)$$

Момент опору повороту шини еластичного колеса під час руху по криволінійній траєкторії постійного радіуса кривизни запишемо так:

$$M_j = M_f + M_3, \quad (8)$$

де M_f – момент опору повороту шини від кочення по опорній поверхні, який визначається за виразом:

$$M_f = fG_k R_{ш}, \quad (9)$$

де f – коефіцієнт опору коченню, що визначається за залежністю [7]; G_k – навантаження на кероване колесо; $R_{ш}$ – радіус траєкторії руху контактної відбитка шини, який, ураховуючи складність процесів, що відбуваються в тілі шини, можна визначити тільки експериментально [8]; M_3 – момент від закручування тіла шини.

Величина моменту M_3 буде залежати від кута закручування тіла шини Θ_3 . Так, при кутах закручування $\Theta_3 < 5^\circ$ момент M_3 визначиться за виразом:

$$M_3 = c_w \Theta_3, \quad (10)$$

де c_w – кутова жорсткість шини відносно вертикальної вісі; Θ_3 – кут закручування, який визначається за виразом (7).

Якщо кут закручування знаходиться в межах $5^\circ \leq \Theta_3 \leq 13^\circ$, то момент M_3 визначиться за залежністю [5]:

$$M_{відн} = M_{j \max} - \frac{(M_{j \max} - c_w \Theta_A)}{(\Theta_B - \Theta_A)^2} (\Theta_B - \Theta_3)^2, \quad (11)$$

де $M_{j \max}$ – граничний за зчепленням момент опору повороту шини, який визначається за залежностями, наведеними в роботі [1].

Для перевірки достовірності вищенаведених залежностей було проведено експериментальні дослідження моменту опору повороту шини керованого колеса на місці на бетонній поверхні при поперечному нахилі шворня залежно від довжини цапфи. Для цього було використано експериментальну установку [9], яка складається з рами та переднього моста автомобіля КрАЗ–260 з установленими на ньому колесами з широкопрофільними шинами регульованого тиску розміром 1300x530 – 533 мод. ВІ–3. Навантаження на кероване колесо складало 27282 Н. Кут поперечного нахилу шворня дорівнював $9,5^\circ$, нульове значення кута повздовжнього нахилу шворня забезпечувалось установкою клинів між балкою моста та ресорами. Дослідження проводили з лівим керованим колесом, для чого поперечну тягу було від'єднано. Довжину цапфи змінювали спеціальним ободом за значеннями 0,225, 0,295, 0,365, 0,680, 0,820 м. Тиск повітря в шині набував значень 0,4, 0,2, 0,05 МПа. Розміри контактних відбитків та значення радіуса колеса при відповідних значеннях тиску повітря в шині було визначено експериментально. Коефіцієнт опору коченню приймався $f_0 = 0,013$.

Експериментальну установку було обладнано вимірювально-реєструючою апаратурою, що дозволило визначити кути повороту цапфи, кут обертання керованого колеса відносно вісі цапфи, тиск рідини у штоковій порожнині гідроциліндра підсилювача кермового керування.

За отриманими даними було визначено радіус кривизни траєкторії руху контактної відбитка ши-

ни та момент опору повороту керованого колеса залежно від кута повороту цапфи та довжини цапфи. Момент опору повороту шини визначався як різниця між моментом опору повороту колеса, ваговим стабілізуючим моментом та моментом тертя у підшипниках шворневого вузла.

Розрахункові значення моменту опору повороту шини керованого колеса на місці визначались за залежністю (8). Залежності для визначення моменту опору від закручування тіла шини вибирались залежно від кута закручування Θ_3 , значення якого визначалось за залежністю (7).

На рис. 4 наведено експериментальні та розраховані за виразом (8) залежності моменту опору повороту шини від довжини цапфи при куті повороту цапфи $\Theta = 10^\circ$ та різних значеннях тиску повітря в шині.

З аналізу рис. 4 видно, що довжина цапфи та тиск повітря в шині впливають на величину моменту опору повороту шини розблокованого керованого колеса під час повороту на місці.

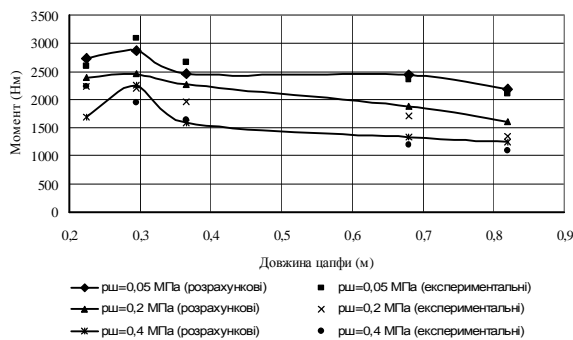


Рисунок 4 – Залежності моменту опору повороту шини керованого колеса під час повороту на місці залежно від довжини цапфи при $\Theta = 10^\circ$

Так, при $p_{ш} = 0,05$ МПа збільшення довжини цапфи в межах від 0,225 до 0,680 м практично не впливає на момент опору повороту шини. При подальшому збільшенні довжини цапфи до 0,82 м величина моменту опору зменшується. Такий характер зміни моменту опору повороту шини пояснюється тим, що при зміні довжини цапфи від 0,225 до 0,680 м експериментально визначений кут відносного повороту контактної відбитки Θ_3 змінюється від 57° до $12,15^\circ$. При цих значеннях кута Θ_3 відбувається ковзання точок контактної відбитки шини по опорній поверхні, а момент від закручування тіла шини керованого колеса набуває значення $M_{j \max}$. При довжині цапфи 0,820 м кут закручування тіла шини зменшується до $10,88^\circ$. При таких значеннях Θ_3 у контакті шини з опорною поверхнею існують зони ковзання та зчеплення. Для цього інтервалу момент M_3 розраховується за залежністю (11).

Збільшення моменту опору повороту шини при довжині цапфи 0,295 м пояснюється збільшенням

зміщення центра відносного повороту контактної відбитки відносно його геометричного центра, величину якого визначали експериментально за методикою, наведеною в роботі [8].

При збільшенні тиску повітря в шині момент опору повороту шини зменшується, але характер його зміни по довжині цапфи залишається таким же самим. При цьому ділянка, на якій $M_3 = M_{j \max}$, скорочується. Це пояснюється тим, що для шини 1300x530 – 533 мод. ВИ–3 збільшення тиску повітря зменшує довжину повздовжньої вісі її відбитки. Згідно із залежністю (7) це призводить до зменшення кута закручування Θ_3 . Так, для $p_{ш} = 0,2$ МПа момент $M_3 = M_{j \max}$ при зміні довжини цапфи від 0,225 до 0,365 м, а для $p_{ш} = 0,4$ МПа – при зміні довжини цапфи від 0,225 до 0,295 м.

Аналіз наведених на рис. 4 залежностей засвідчив, що розрахункові та експериментальні дані збігаються. Це підтверджує достовірність залежностей для визначення кута закручування тіла шини (7) та моменту опору повороту шини розблокованого керованого колеса під час повороту на місці (10), (11).

ВИСНОВКИ. За результатами вищенаведених досліджень були сформульовано наступні висновки:

1. Аналіз досліджень моменту опору повороту шини керованого колеса на місці засвідчив, що його величина буде залежати від умов руху контактної відбитки шини: або відбиток шини буде ковзати по опорній поверхні без перекошування колеса, або кероване колесо буде перекошуватись по опорній поверхні.

2. При перекошуванні керованого колеса по опорній поверхні під час повороту на місці точки обода колеса беруть участь у переносному та відносному русі. Траєкторія переносного руху точок визначається за траєкторією руху центра відносного руху. Центр відносного руху знаходиться в межах відбитки, а його положення для конкретної шини можна визначити тільки експериментально.

3. Закручування тіла шини керованого колеса відбувається за час проходження центром колеса шляху, що дорівнює половині повздовжньої вісі контактної відбитки шини за умови відсутності кута повздовжнього нахилу шворня.

4. Момент опору повороту шини керованого колеса при його перекошуванні під час повороту на місці зумовлений коченням керованого колеса по опорній поверхні та закручуванням тіла шини.

Момент опору повороту шини від кочення по опорній поверхні залежить від коефіцієнта опору коченню, навантаження на колесо та радіуса кривизни траєкторії руху контактної відбитки. Момент опору від закручування тіла шини залежить від кута закручування, величина якого визначається геометричними розмірами контактної відбитки та радіусом кривизни траєкторії його руху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Солтус А.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. – К.: Арістей, 2006. – 176 с.
2. Литвинов А.С. Теория криволинейного движения колесных машин: дис. ... доктора техн. наук: 05.05.03 / Литвинов А.С. – М., 1959.
3. Чайковский И.П. Исследование нагрузок, действующих на детали рулевого управления колесных машин // Весник техники. – 1965. – № 3.
4. Редчиц В.В. Определение максимального момента сопротивления повороту управляемых колес на месте // Автомобильная промышленность. – 1973. – № 9. – С. 17–18.
5. Основы теории рабочего процесса и расчета колесных управляющих модулей: монография / А.П. Солтус. – Деп. в Укр.НИИТИ № 501–Ук90 ВИНТИ "Деп.науч.труды". – 1990. – № 7(290), б/о 203. – 234 с.
6. Влияние плеча обкатки на граничный зацеплениям момент поворота шины / А.П. Солтус, В.И. Пили-

пенко // Вісник КДПУ. – 2008. – № 1/2008 (48), част. 1. – С. 71–74.

7. Розробка упорних гальмівних колодок для утримання на ухилі великовантажних автомобілів-самоскидів / А.П. Солтус, Е.С. Клімов, О.Л. Кириченко, В.В. Жолоб // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2012. – № 1/2012 (72), част. 1. – С. 149–154.

8. Дослідження особливостей кінематики відбитка шини керованого колеса при повороті на місці з розблокованим приводом / А.П. Солтус, Е.С. Клімов // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2011. – № 1/2011 (66), част. 1. – С. 75–79.

9. Пат. 59873 Україна, МПК G 01 L 5/13. Стенд для дослідження роботи керованого колеса з пневматичною шиною / Солтус А.П., Клімов Е.С.; власник Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – № у 2010 08105, заявл. 29.06.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл. № 11.

THE STUDY OF MOMENT OF TIRE TURNING RESISTANCE DEPENDING ON KNUCLE LENGTH

A. Soltus, E. Klimov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: avtotr@kdu.edu.ua

The article deals with the study of turning of unblocked steering wheel when the point of pivot center is beyond tire contact. It is shown that the tire's body torsion occurs while the centre of the wheel goes the half of direct axis of tire contact, the torsion angle depends on route radius of tire the contact and the length of tire contact direct axis; the tire turning resistive moment are caused by the moment of steering wheel tire turning resistance caused by a steering wheel rolling and body tire torsion. The influence of knuckle length on the tire turning resistive moment of unblocked steering wheel is defined.

Key words: moment, knuckle length, tire contact, relative turning.

REFERENCES

1. Soltus A.P. *Theory of Operative Abilities of Automobile*. – K.: Aristey, 2006. – 176 p. [in Ukrainian]
2. Litvinov A.S. *Theory of Curvilinear Movement of Wheel Vehicles: Doctoral Thesis: 05.05.03* / Litvinov A.S. – M., 1959. [in Russian]
3. Tchaikovskiy I.P. *The Study of Loading in Parts of Steering* // *Visnyk of Science*. – 1965. – № 3. [in Russian]
4. Redchits V V. *Determination of Maximum Moment of Steerable Wheel Turning Resistance* // *Automobile Industry*. – 1973. – № 9. – PP. 17–18. [in Russian]
5. *The Theory of Operations and Calculation of Steerable Wheel Modules* / A.P. Soltus. – Dep. in Ukr.NIINTI No. 501-Uk90 VINITI "Dep. Scientific Transactions". – 1990. – № 7(290), w/d 203. – 234 p. [in Russian]
6. Influence of Kingpin Offset upon the Maximum on Coupling Resistance Moment to the Tyre Turning / A.P. Soltus, V.I. Pylypenko // *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi State University*. – 2008. – Iss. 1/2008 (48), part 1. – PP. 70–73. [in Ukrainian]
7. *The Study of Kinematics Peculiarities of Tire Contact of Steering Wheel Facing Unlocked Drive* / A.P. Soltus, E.S. Klimov // *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. – Kremen-

chuk: KrNU, 2011. – Iss. 1/2011 (66), part 1. – PP. 75–79. [in Ukrainian]

8. *The Development of Wheel Chok for Grade Keeping of Heavy Dump Trucks* / A.P. Soltus, E.S. Klimov, O.L. Kyrychenko, V.V. Zholob // *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*. – 2012. – Iss. 1/2012 (72), part 1. – PP. 149–154. [in Ukrainian]

9. Useful Model Patent 59873, G01L 5/13. *The Test Bench for The Study of Turning of Steering Tiered Wheel*. / A.P. Soltus, E.S. Klimov; owner Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. – № у 2010 08105, declared. 29.06.2010 ; published. 10.06.2011, Bulletin. № 11. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 27.08.2012.

Рекомендована до друку
д.т.н., проф. Масловим О.Г.