

серіями швидкого вогню і переміщення батареї для уникнення зворотного удару від противника. Результати можуть бути використані для автоматичного керування стрільбою артилерії.

Список літератури

1. Правила стрільби і управління вогнем наземної артилерії. Група, дивізіон, батарея, взвод, гармата / В.М. Рябоконт, П.І. Руденко, П.В. Полениця, О.В. Сміронов. – Л.: Видавництво ЛІСВ, 2009. – 292с.

2. Пат. № 58085 Україна, МПК (2011.01) F41G3/00. Спосіб отримання поправок для стрільби / В.І. Чигинь, С.М. Свідерок; Заявник і патентовласник Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного; заявка № 201012233; опуб. 25.03.2011, Бюл. № 6.

3. Перспективи розвитку озброєння і військової техніки Сухопутних військ: збірка тез доповідей 4-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції 12-13 квітня 2011 р. / Вчений секретар Е.В. Лучук. – Львів. – 2011. – 208 с.

Пассивная разностно-часовая и фазовая радиолокационная система для измерения параметров траектории снарядов и мин

В.И. Чигинь, С.М. Свидерок, В.Д. Смычок, О.Р. Проць

Разработана пассивная разностно-часовая и разностно-фазовая радиолокационная система для измерения пространственных координат полета мин и снарядов. Показано, что использование снаряда-радиомаяка в роли сигнализатора в определенные моменты времени, приемной антенной системы и аппаратуры обработки данных позволяет получить поправки для стрельбы из артиллерийских систем без использования артиллерийских активных радиолокационных систем типа АРК. Разностно-часовая радиосистема базируется на принципе измерения часовых интервалов прихода радиосигнала от снаряда-маяка до размещенных трех антенн. При этом при вылете снаряда из ствола орудия синхронизируются таймеры наземной и бортовой аппаратуры. Разностно-фазовый метод использует фазовые детекторы, установленные при 5 приемных антеннах. Можно достичь точности измерения трех координат полета снаряда порядка 0,1% при частоте радиосигналов 2,4 ГГц (разностно-часовой метод) и 433 МГц (фазовый метод), стабильность таймеров синхронизации 10^{-8} с, точности измерения разницы фаз между принятыми сигналами порядка 1 градуса и базовыми расстояниями между приемными антеннами порядка 10-100 м.

Ключевые слова: пассивная радиолокация, разностно-часовая, разностно-фазовая системы, антенны, траектория, снаряд, мина.

Passive difference-temporal and difference-phase radiolocation system for measuring of trajectory parameters of mine and shell flight

V.I. Chygin, S.M. Svideroк, V.D. Smychok, O.R. Prots

The passive difference-temporal and difference-phase radiolocation system is worked out for measuring of spatial coordinates of flight of mines and shells. It is shown that the use of shell-radiobeacon in the role of signaling in certain moments of time and the receiving aerial system allows to get the amendments for the artillery system firing without the use of artillery active radiolocation systems as ARK. The difference-temporal system is based on the principle of measuring temporal intervals of the arrival of radio signal from the shell-radiobeacon to the carried three aeriаls. In the time of shell flight from the barrel of cannon the timers of surface and side apparatus are synchronized. The difference-phase system uses the phase detectors, set at 5 receiving aeriаls. It is possible to attain the accuracy of measuring of three co-ordinates of the shell flight of order 0,1% at the frequency of radio signals 2,4 Ghts and 433 Mhz (phase method), stabilities of timers of synchronization of 10^{-8} s, accuracy of measuring of difference of phases between the accepted signals of order a 1 degree and by base distances between receiving aeriаls of order 10-100 m.

Keywords: passive radio-location, difference-temporal, difference-phase systems, aeriаls, trajectory, shell, mine.

УДК 629.113.001.1(075)

Ю.В. Шабатура, В.Д. Залипка

Академія сухопутних військ, Львів

ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ І ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ НОВОГО ПРИНЦИПУ КЕРУВАННЯ НАПРЯМКОМ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Розроблено теоретичні засади і практичні аспекти застосування нового принципу керування напрямком руху колісних транспортних засобів. Виведено математичні моделі кінематики таких транспортних засобів.

Ключові слова: колісні транспортні засоби, керування напрямком руху, радіус повороту, прохідність транспортного засобу.

Постановка проблеми

Сухопутні війська сучасних Збройних Сил є високотехнологічним, оснащеним новітніми зразками техніки і озброєння видом військ. Визначальну роль у забезпеченні їх бойової могутності і здатності оперативно вирішувати поставлені задачі сьогодні відіграють колісні транспортні засоби військового призначення (КТЗ ВП) і бойові колісні машини (БКМ), які, враховуючи спільність основи ходової частини можна об'єднати в одну групу бойових і транспортних колісних машин (БТКМ). У зв'язку з цим особливого значення набувають дослідження, пов'язані з вирішенням задач покращення тактико-технічних характеристик і властивостей БТКМ.

Головні напрями розвитку транспортної індустрії зумовлюють постійне зростання потужностей, швидкостей, вантажопідйомності з одночасним підвищенням надійності, економічності і безпеки в експлуатації колісних транспортних засобів. Зрозуміло, що найкращі досягнення цієї індустрії насамперед знаходять своє використання в розробці нових і модернізації вже існуючих бойових і транспортних колісних машин. Це знаходить своє відображення в ряді наукових публікацій [1-3]. Разом з тим сьогодні цілком очевидним є розуміння того, що тільки пропозиції нових ідей, принципів і технологій у створенні нових зразків колісних транспортних засобів здатні забезпечити суттєве покращення їх характеристик і параметрів. Отже розробка нового принципу керування напрямком руху колісного транспортного засобу, який дозволить отримати значне підвищення його прохідності, стійкості руху в поворотах та керованості, є актуальною і важливою задачею в науковому відношенні, а також має особливе значення для практики.

Мета статті

Виконати розробку теоретичних засад, відповідних математичних моделей та практичних аспектів застосування нового принципу керування зміною напрямку руху колісних транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу

Аналіз відомих підходів до побудови систем керування зміною напрямку руху колісного транспортного засобу. Сьогодні в теорії автомобіля відомими є лише три способи зміни траєкторії руху колісної машини [1, 3]:

перший спосіб – шляхом зміни кутів між площинами обертання коліс і повздожньою віссю машини за рахунок повороту керованих коліс;

другий спосіб – шляхом зміни кутів між площинами обертання коліс і повздожньою віссю машини за рахунок зміни положення однієї частини машини відносно іншої;

третьої спосіб – шляхом зміни швидкостей коліс, розташованих з протилежних сторін автомобіля (цей спосіб часто називають бортовим, або поворотом «по-гусеничному»).

Перший спосіб, керування напрямком руху за рахунок повороту керованих коліс сьогодні є найбільш поширеним для автомобілів. При цьому способі осі обертання керованих коліс повертаються навколо вертикальних цапф або поворотних шворнів таким чином, щоб вони пересікалися в одній точці, яка стає центром повороту. Центр повороту визначає радіус повороту автомобіля, а отже, і крутість повороту. Серед відомих модифікацій цього способу є дві. У першій пропонується використання замість однієї – двох (в двоосьовому автомобілі) або кількох (в багатоосьових автомобілях) пар керованих коліс. У другій передбачається, крім повороту керованих коліс навколо вертикальних осей, додатково здійснювати зміну кутів нахилу площин обертання цих коліс відносно горизонталі. Схеми повороту автомобіля з керованими однією (а) і двома (б) парами коліс наведені на рис. 1.

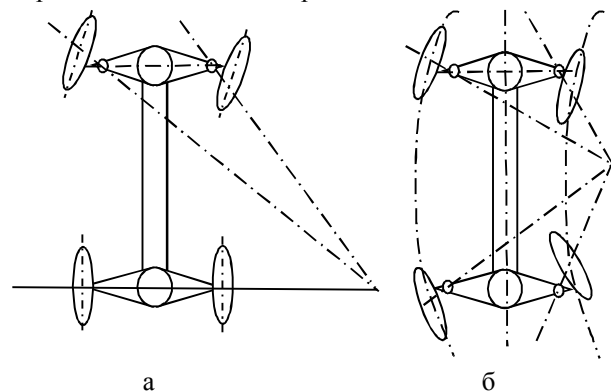


Рис. 1. Схема повороту автомобіля:
а – з однією парою керованих коліс,
б – з двома парами керованих коліс

Суттєвими недоліками при використанні цього способу є необхідність використовувати міжколісні та міжосьові диференціали, що знижує прохідність автомобілів, а також вимагає передбачення в їх конструкції додаткового місця (спеціальних ніш) для повертання керованих коліс, що зменшує корисний об'єм корпусу, послаблює та ускладнює конструкцію автомобіля.

Другий спосіб потребує створення машин спеціальної зчленованої конструкції, що складаються принаймі з двох ланок, які можуть повертатися як у горизонтальній площині (при виконанні повороту), так і у вертикальній (при переїзді через перешкоди). Схема повороту зчленованого автомобіля наведена на рис. 2.

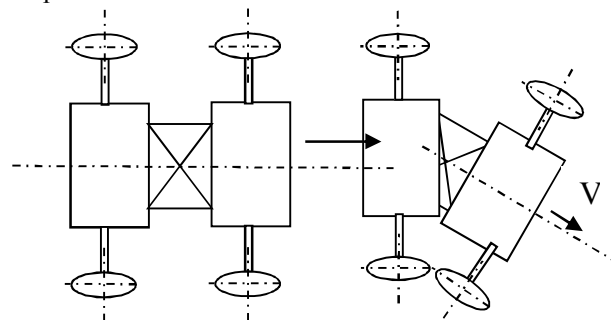


Рис. 2. Схема повороту зчленованого автомобіля

Недоліком застосування даного способу є знижена навантажувальна та прохідна здатність, а також підвищена складність конструкції автомобіля.

Останній з відомих способів є практично єдиним способом виконання поворотів транспортних засобів на гусеничному ході. Для виконання поворотів колісних транспортних засобів даний спосіб може бути використаний лише для короткобазових автомобілів, для звичайних автомобілів він малопридатний, оскільки при повороті будуть сильно зношуватися шини внаслідок їхнього бокового ковзання по дорозі. Схема виконання повороту за допомогою цього способу наведена на рис. 3.

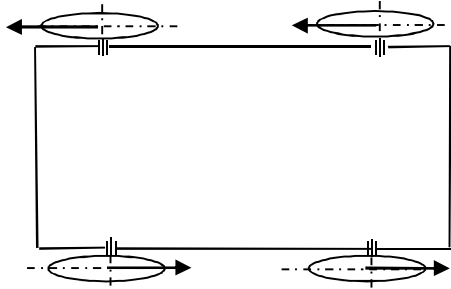


Рис. 3. Схема виконання повороту «по-гусеничному»

Концептуальні положення нового принципу керування напрямком руху колісного транспортного засобу. Концепція нового принципу керування напрямком руху колісного транспортного засобу ґрунтується на тому очевидному факті, що при виконанні повороту будь-яким колісним транспортним засобом, який має відмінну від нуля ширину колії, довжина шляху, що проходять колеса, є різною. Потрібно зазначити, що при повороті шлях колеса, що котиться по короткому (внутрішньому) радіусу, менший, ніж шлях другого колеса цієї ж осі, яке котиться по довгому (зовнішньому) радіусу. В результаті цього кутова швидкість обертання внутрішнього колеса повинна бути меншою за кутову швидкість обертання зовнішнього колеса. У випадку з неведучим мостом виконати цю умову достатньо просто, оскільки обидва колеса не зв'язані один з одним і обертаються незалежно. Але якщо міст ведучий, то необхідно передавати крутний момент одночасно на обидва колеса (при передачі крутного моменту тільки на одне колесо тягові властивості автомобіля та його керованість будуть незадовільними). При жорсткому зв'язку коліс ведучого моста і передачі крутного моменту на єдину вісь обох коліс автомобіль не зможе нормально повертати, оскільки колеса, маючи рівну кутову швидкість, будуть намагатися пройти однаковий шлях під час повороту. Цю проблему дозволяє вирішити диференціал – механічний пристрій, що передає крутний момент на роздільні осі обох коліс через свій планетарний механізм з будь-яким співвідношенням кутових швидкостей обертання півосей. Внаслідок цього автомобіль може нормально рухатися та добре керуватися як по

прямому шляху, так і під час повороту. Однак недоліком застосування планетарного механізму є те, що він намагається передати отримане від чашки диференціала обертання туди, куди легше, та й сам диференціал в цілому є джерелом відбору потужності. Таким чином це призводить до зниження прохідної здатності колісного транспортного засобу.

Враховуючи відомі способи поворотів та вищевказані недоліки, в [4] пропонується принципово новий спосіб повороту колісного транспортного засобу, який не потребує зміни напрямку площин обертання коліс та використання диференціала. В основі роботи запропонованого способу лежить зміна ефективного діаметра коліс, причому для здійснення повороту всі внутрішні колеса по відношенню до кривизни траєкторії шляху зменшують у діаметрі, а всі зовнішні – відповідно збільшують.

Математичний аналіз кінематики руху колісного транспортного засобу в повороті. Проведемо попередню математичну формалізацію можливих варіантів застосування запропонованого способу. Для цього послідовно розглянемо кінематику руху по дузі кола певного радіуса R : матеріальної точки A ; осі із закріпленими на ній колесами різного радіуса r_i ; двоосьового автомобільного шасі, колеса якого зберігають однакові радіуси для кожної з бокових сторін окремо.

На рис. 4 наведено фрагмент траєкторії руху матеріальної точки A по дузі радіуса R .

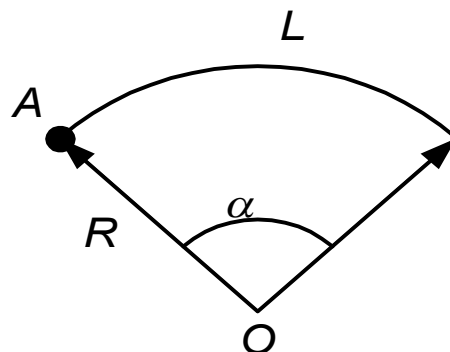


Рис. 4. Фрагмент траєкторії руху матеріальної точки A

Цілком очевидно, що довжина шляху, який пройде точка A , визначатиметься як довжина дуги L , що утворюватиметься при повороті R на центральний кут α

$$L = \frac{\pi R \alpha}{180^\circ}. \quad (1)$$

При русі по круговій траєкторії довжина шляху, пройденого за один k обертів, дорівнює

$$L_k = k 2\pi R. \quad (2)$$

Наступним етапом математичної формалізації є розгляд руху однієї осі з нерухомо закріпленими на ній колесами радіуса r_i по рівній, горизонтальній поверхні без ковзання, виключно за рахунок кочення.

Для спрощення аналізу вважатимемо, що деформація коліс і поверхні, по якій відбувається рух, настільки незначні, що ними можна знехтувати.

Аналіз руху зазначеного об'єкта передбачає чотири можливі варіанти його модифікації.

I варіант. Колеса рівні $r_1 = r_2 = r_0$. У цьому випадку вісь буде переміщуватися прямолінійно зі збереженням паралельності до свого початкового положення. За k обертів коліс вісь зміститься на відстань, що визначатиметься за формулою

$$M = k2\pi r_0. \quad (3)$$

II варіант. Симетрична, обернена зміна радіусів коліс на величину Δr

$$\begin{cases} r_1(t) = r_0 \pm \Delta r \\ r_2(t) = r_0 \mp \Delta r \end{cases}. \quad (4)$$

Тобто, якщо радіус одного колеса збільшується на величину Δr , то радіус другого колеса одночасно зменшується на таку ж саму величину, і навпаки.

III варіант. Несиметрична пропорційна зміна радіусів коліс.

$$\begin{cases} r_1(t) = r_0 \pm \psi r_0 \\ r_2(t) = r_0 \mp \eta r_0 \end{cases}$$

або

$$\begin{cases} r_1(t) = r_0 \pm \Delta r_1 \\ r_2(t) = r_0 \mp \Delta r_2 \end{cases}, \quad (5)$$

причому $\Delta r_1 \neq \Delta r_2$.

У даному випадку зберігається обернена залежність у зміні радіусів коліс, проте не зберігається їх однаковість. Кожне колесо змінює свій радіус за власним коефіцієнтом пропорційності ψ або η , відповідно, що еквівалентно зміні радіусів на величини Δr_1 і Δr_2 .

IV варіант можна розглядати як своєрідну, проте важливу в плані практичної реалізації модифікацію III варіанта. За даним варіантом передбачається несиметрична, однобічна зміна радіусів коліс. Відповідно вона може бути застосована як до першого (а), так і до другого (б) колеса:

$$\text{а) } \begin{cases} r_1(t) = r_0 \pm \Delta r_1 \\ r_2(t) = r_0 - \text{const} \end{cases} \sim \text{б) } \begin{cases} r_1(t) = r_0 - \text{const} \\ r_2(t) = r_0 \pm \Delta r_2 \end{cases}. \quad (6)$$

Теоретичний аналіз руху осі при застосуванні II, III і IV варіантів показує, що як базовий очевидно можна розглядати III варіант, два інші є лише його частковими випадками. Проте, з точки зору практичного здійснення діапазона варіабельності радіусів коліс і радіусів поворотів, безперечні переваги має II варіант, тому виконаємо його математичний аналіз.

Початок руху є статично фіксованим: нехай попередньо r_1 було збільшено на Δr , а r_2 відповідно зменшується на Δr . Відстань між центрами коліс (ширина колії) – D . Вісь з колесами і основні параметри траєкторії її руху наведені на рис. 5.

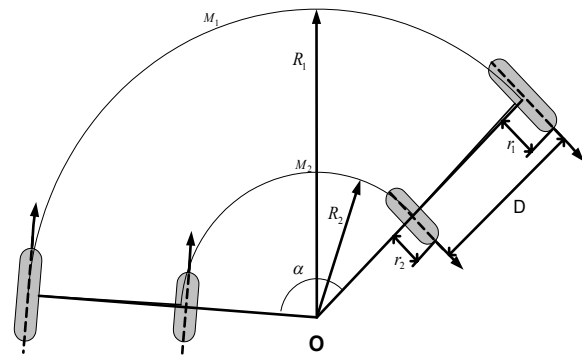


Рис. 5. Траєкторія руху осі

За k -обертів осі центри коліс пройдуть шлях, рівний довжинам дуг M_1 і M_2 відповідно

$$M_1 = k2\pi r_1 = k2\pi(r_0 + \Delta r) = k2\pi r_0 + k2\pi \Delta r, \quad (7)$$

$$M_2 = k2\pi r_2 = k2\pi(r_0 - \Delta r) = k2\pi r_0 - k2\pi \Delta r. \quad (8)$$

У вільному коченні траєкторії руху коліс описують дві дуги із спільним центром O . Отже, довжина більшої дуги M_1 може бути виражена через радіус R_1 і центральний кут α , а довжина меншої M_2 – через радіус R_2 і той самий кут α . Таким чином, можна скласти систему рівнянь:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{\pi R_1 \alpha}{180^\circ} \\ M_2 = \frac{\pi R_2 \alpha}{180^\circ} \end{cases}. \quad (9)$$

Врахування очевидної залежності $R_1 = R_2 + D$ дозволяє перейти до наступної системи:

$$\begin{cases} M_1 = \frac{\pi(R_2 + D)}{180^\circ} \\ M_2 = \frac{\pi R_2 \alpha}{180^\circ} \end{cases}. \quad (10)$$

Сумісне використання рівнянь (7) і (8) та системи (10) породжує наступну систему рівнянь:

$$\begin{cases} k2\pi(r_0 + \Delta r) = \frac{\alpha\pi(R_2 + D)}{180^\circ} \\ k2\pi(r_0 - \Delta r) = \frac{\alpha\pi R_2}{180^\circ} \end{cases}. \quad (11)$$

Після перетворення отримуємо:

$$\begin{cases} R_2 = \frac{360^\circ k(r_0 + \Delta r)}{\alpha} - D \\ \alpha = \frac{360^\circ k(r_0 - \Delta r)}{R_2} \end{cases}. \quad (12)$$

Розв'язок цієї системи дає аналітичні вирази для розрахунку радіуса повороту для центра меншого колеса і центрального кута повороту:

$$R_2 = D \frac{r_0 - \Delta r}{2\Delta r} = r_0 \frac{D}{\Delta d} - \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} D \left(\frac{r_0}{\Delta r} - 1 \right), \quad (13)$$

$$\alpha = 360^\circ k \frac{2\Delta r}{D} = 360^\circ k \frac{\Delta d}{D}, \quad (14)$$

де Δd – зміна діаметра коліс. З рівнянь (13) і (14) можна зробити певні висновки про те, що центральний кут повороту є прямо пропорційним зміні радіуса коліс $\alpha \sim \Delta r$, а якщо $\frac{r_0}{\Delta r} \gg 1$, то R_2 буде обернено пропорційним Δr .

Цілком очевидним також є те, що зроблені висновки будуть справедливими і для двох інших, ще не розглянутих варіантів.

Аналіз поведінки осі при розглянутому варіанті зміни радіусів коліс буде неповним, якщо залишити без розгляду виникнення кута відхилення положення осі від горизонталі. Деталі цього розгляду наведені на рис. 6.

Якщо аналізовану конструкцію вважати достатньо жорсткою, то очевидним є те, що кут φ відхилення від вертикалі буде рівним куту φ відхилення від горизонталі. Нескладний геометричний аналіз дозволяє отримати математичну модель для розрахунку даного кута в залежності від зміни радіуса коліс

$$\sin \frac{\varphi}{2} = \frac{1}{2} \frac{\Delta r}{D}, \quad (15)$$

відповідно сам кут:

$$\varphi = 2 \arcsin \frac{1}{2} \frac{\Delta r}{D}. \quad (16)$$

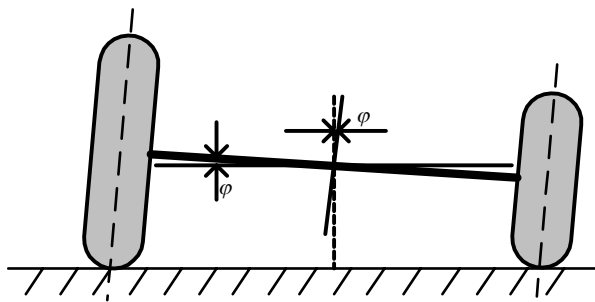


Рис. 6. Аналіз кута відхилення від вертикалі і горизонталі

Виникнення даного кута в окремих випадках може вимагати створення системи стабілізації, завданням якої буде компенсація кута відхилення від горизонталі для корпусу транспортного засобу.

Повноцінний колісний транспортний засіб, який виконуватиме повороти за запропонованим принципом, повинен мати принаймні дві осі, тобто бути чотириколісним. Тому виконаємо аналіз особливостей його конструкції, яка схематично зображена на рис. 7, де прийняті наступні позначення: W – міжосьова відстань (база транспортного засобу); K і P – центри задньої і передньої осі відповідно; β і ψ кут корекції положення задньої осі і доповнюючий кут.

Аналіз схеми транспортного засобу показує, що якщо осі будуть жорстко закріплені, то кожна з них буде мати свій центр повороту, що спричинить проковзування коліс з відповідною втратою потужності і пошкодженням робочої поверхні коліс. Для уникнення ковзання потрібно корегувати положення другої осі (якщо перша є ведучою). Її положення повинно відповідати напрямку OK . Тоді для обох

колісних пар точка O буде єдиним центром повороту. Як кут корекції можна розглядати кути β і ψ , між ними є очевидна залежність: $\beta = 90^\circ - \psi$. Розрахункові формули для визначення кутів β і ψ мають вигляд:

$$\tan(\beta) = \frac{W}{R + \frac{D}{2}}, \quad (17)$$

$$\tan(\psi) = \frac{\left(R + \frac{D}{2}\right)}{W}, \quad (18)$$

Відповідно самі кути:

$$\beta = \arctan \left(\frac{W}{R + \frac{D}{2}} \right), \quad (19)$$

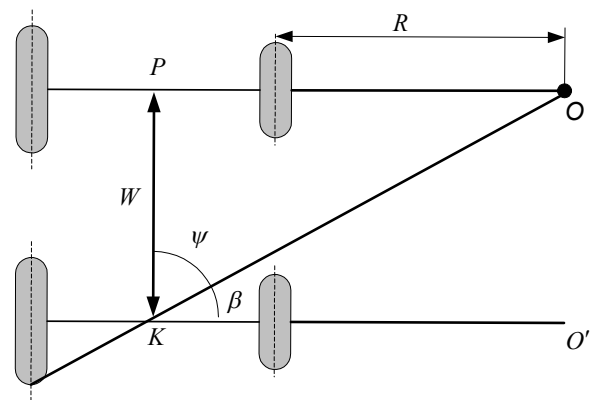


Рис. 7. Схематичне зображення колісної бази двохосьового транспортного засобу

$$\psi = \arctan \left(\frac{R + D/2}{W} \right). \quad (20)$$

Використання залежності (13) дозволяє отримати наступні співвідношення:

$$\tan(\psi) = \frac{Dr_0}{2W\Delta r}, \quad (21)$$

$$\tan(\beta) = 2 \frac{W \Delta r}{D r_0}, \quad (22)$$

$$\psi = \arctan \left(\frac{Dr_0}{2W\Delta r} \right), \quad (23)$$

$$\beta = \arctan \left(2 \frac{W \Delta r}{D r_0} \right). \quad (24)$$

З отриманих залежностей видно, що кут корекції визначається як нелінійна функція, до числа аргументів якої входять практично усі конструктивні параметри транспортного засобу.

Результати комп'ютерного моделювання. На основі отриманих математичних моделей було виконано комп'ютерне моделювання кінематики руху колісного транспортного засобу при виконанні повороту на основі запропонованого принципу. Моделювання проводилось з використанням спеціалізованої системи комп'ютерної математики Maple V R7. Графічні результати моделювання наведені на рис. 8 і 9.

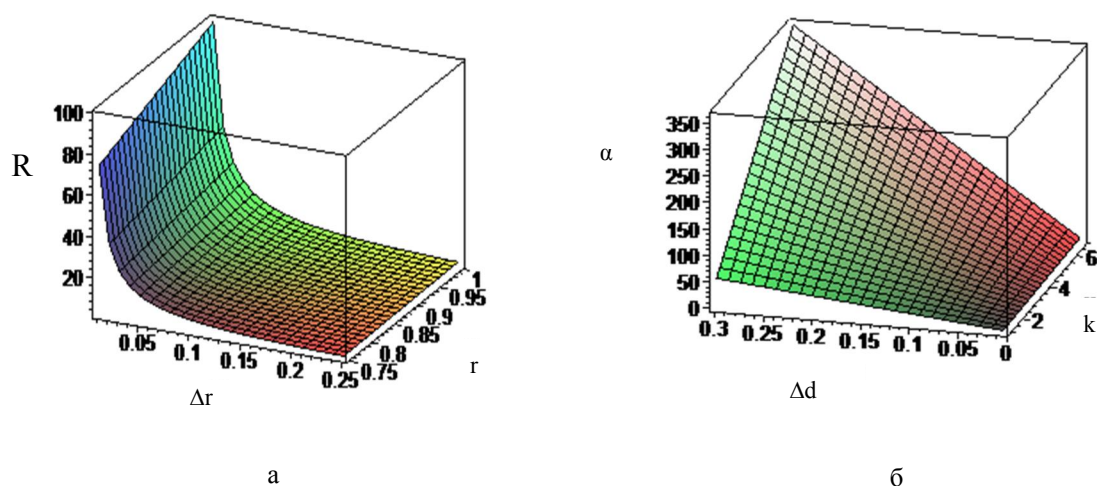


Рис. 8. Графічні результати моделювання зміни радіуса і центрального кута повороту

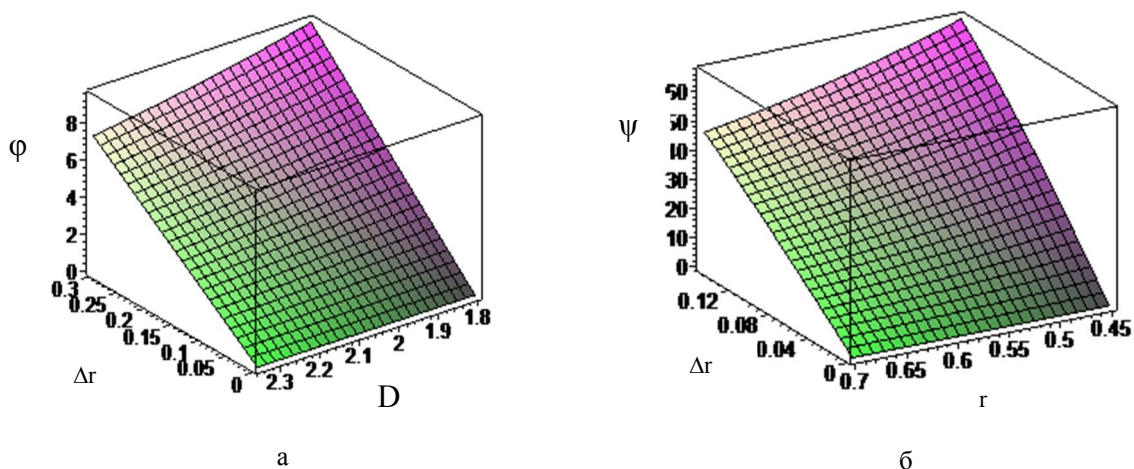


Рис. 9. Графічні результати моделювання кута відхилення осі від горизонталі:

а) кута відхилення осі від горизонталі; б) кута корекції положення задньої осі

Результати моделювання залежності радіуса повороту центра внутрішнього колеса згідно з формулою (13) наведені на рис. 8 а. Моделювання виконувалося за умови фіксованого значення ширини колії – 2 м, діапазонів початкових радіусів коліс: 0,75 – 1 м, значень абсолютної зміни радіусів коліс: 0,05 – 0,25 м.

Залежність центрального кута повороту згідно з формулою (14) від числа обертів коліс k і зміни діаметра Δd наведена на рисунку 8 б. Моделювання виконувалося за умови фіксованої ширини колії – 2 м, діапазонів зміни числа обертів коліс: 0 – 6,7 та зміни їх діаметра: 0,005 – 0,3 м. Як видно з результатів моделювання за заданих умов центральний кут повороту в 360° може бути досягнутий за 6,7 обертів коліс.

Результати моделювання кута відхилення осі від горизонталі згідно з формулою (16) наведені на рис. 9 а. Моделювання виконувалося за умови діапазонів зміни радіусу коліс: 0 – 0,3 м, зміни ширини колії: 1,8 – 2,35 м.

Результати моделювання кута корекції положення задньої осі згідно з формулою (23) наведені на рис. 9 б. Моделювання виконувалося за умови фіксованого

значення відстані між центрами осей – 2 м, фіксованого значення ширини колії – 2 м та діапазонів початкових радіусів коліс: 0,45 – 0,7 м, значень абсолютної зміни радіусів коліс: 0 – 0,15 м.

Перспективи розвитку. Обмеження обсягу статті не дозволяє повною мірою розглянути всі аспекти теоретичного аналізу і практичних рекомендацій, пов'язаних з впровадженням запропонованого принципу керування напрямком руху колісних транспортних засобів. Тому в наступних публікаціях автори планують розглянути: динаміку руху таких транспортних засобів під час здійснення повороту; перейти від ідеалізованих умов аналізу руху до більш реальних, де будуть враховуватися фізичні властивості поверхні, по якій здійснюється рух; дослідити вплив інших факторів. Безумовно, особливий інтерес у фахівців викличе матеріал, в якому будуть розглянуті авторські підходи до конструкцій коліс змінного радіуса кочення.

Висновки

У статті розкрито ідею, її теоретичні засади, а також практичні аспекти застосування нового принципу керування напрямком руху колісних

транспортних засобів. Враховуючи переваги, які забезпечує запропонований принцип, його застосування рекомендується для транспортних засобів військового призначення.

Виконаний аналіз відомих підходів до побудови систем керування напрямком руху колісних транспортних засобів, вказані їх недоліки.

Проведено математичний аналіз кінематики руху колісного транспортного засобу в повороті.

Розроблені основні математичні моделі кінематики.

Виконано комп'ютерне моделювання, результати якого підтверджують ефективність запропонованого принципу керування напрямком руху колісних транспортних засобів. Окреслені перспективи подальших досліджень.

Список літератури

1. *Армейские автомобили. Конструкция и расчет / М.М. Запрягаев, Л.К. Крылов, Е.И. Магидович, М.М. Щукин. – М.: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1970. – 480 с.*
2. *Кисликов В.Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В. Кисликов, В. Луцик. – К.: Либідь, 2000. – 320 с.*
3. *Хачатуров А.А. Динамика системы дорога – шина – автомобиль – водитель / А. Афанасьев, В. Васильев. – М.: Машиностроение, 1976. – 534 с.*
4. *Патент № 46775 Україна. МПК9 B62D 9/00 Спосіб здійснення поворотів колісного транспортного засобу / Ю.В. Шабатура., О.М. Фолюшняк; заявник і патентовласник Шабатура Ю.В., Фолюшняк О.М. – № 200905878; заявл. 09.06.09; опубл. 11.01.10, Бюл. № 1.*

Теоретические основы и практические аспекты применения нового принципа управления направлением движения колесного транспортного средства военного назначения

Ю.В. Шабатура, В.Д. Залыпка

Разработаны теоретические основы и практические аспекты применения нового принципа управления направлением движения колесных транспортных средств. Выведены математические модели кинематики таких транспортных средств.

Ключевые слова: колесные транспортные средства, управление направлением движения, радиус поворота, проходимость транспортного средства.

Theoretical principles and practical aspects of a new principle of control driving directions of wheeled military vehicle

U.W. Shabatura, W.D. Zalyпка

Theoretical foundation and practical aspects for implementation of new principles of wheeled vehicles' driveway management have been developed. Mathematical models of such vehicles kinematics have been worked out.

Keywords: wheeled vehicles, driveway management, radius of a turn, vehicle flotation.