

УДК 629.017

Руслан Олегович КАЙДАЛОВ,
кандидат технічних наук, доцент, докторант,
Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

Андрій Іванович НІКОРЧУК,
ад'юнкт, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНОГО СПОСОБУ ПОВОРОТУ КОЛІСНИХ МАШИН ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ МАНЕВРНОСТІ

У даній статті обґрунтована можливість підвищення маневрності колісних машин при русі в колоні і по обмежених ділянках дороги, яка полягає в застосуванні комбінованого способу керування поворотом, що дозволяє підвищити ефективність використання автомобільної техніки підрозділів Національної гвардії, Збройних Сил та Державної прикордонної служби України в бойових умовах. Наведено порядок проведення та результати експериментальних досліджень з визначення радіусу повороту колісної машини при використанні комбінованого способу управління поворотом.

Ключові слова: маневреність, комбінований спосіб управління поворотом, радіус повороту, колісна машина.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Колісні машини в зоні проведення бойових дій використовуються для перевезення особового складу (бойових підрозділів, груп), матеріальних засобів, по-

© Кайдалов Р. О., Нікорчук А. І.

ранених тощо. Їх рух, як правило, здійснюється у складі колони. Особливість руху колон у зоні проведення бойових дій передбачає можливість їх обстрілу та нападу, що вимагає від колісних машин забезпечення високої маневреності. Так, у випадку нападу на колону можуть створитись умови обмеженого простору для її руху внаслідок зупинки пошкоджених транспортних засобів, які рухались як попереду, так і позаду непошкоджених колісних машин. При цьому непошкоджена колісна машина повинна забезпечити швидке здійснення маневру – повороту (розвороту) з мінімально можливим радіусом та з меншим часом на його здійснення, для уникнення ураження від противника та здійснення подальшого руху у безпечному напрямку.

Практика використання колісних машин, а саме вантажних автомобілів у зоні проведення бойових дій показує, що існуюча система управління поворотом цих машин, які використовуються підрозділами Національної гвардії України (НГУ), Збройними Силами України (ЗСУ), Державної прикордонної служби (ДПС) для виконання службово-бойових (бойових) завдань, не достатньо забезпечує їх високу маневреність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опираються автори. Маневреність є однією з важливих експлуатаційних властивостей колісних машин, яка визначає ефективність їх використання та безпеку руху. Дослідженню маневреності, окремих її властивостей, а також проблемам їх поліпшення присвячені роботи дослідників [1–3].

У роботах [4; 5] до однієї з основних властивостей маневреності колісних машин належить повороткість.

Визначення повороткості наведено в роботі [6]. Повороткість – це властивість машини здійснювати повороти з максимальною кривизною (мінімальним радіусом) на дорозі і на місцевості. Чим більше кривизна можливої траєкторії, тобто чим менше радіус повороту машини, тим краще повороткість.

Поворот колісних машин може здійснюватися трьома основними способами [5; 7–9]:

зміною кутів між поздовжньою віссю і площинами обертання керованих коліс машини за рахунок їх повороту;

зміною положення однієї частини машини відносно іншої (зчленовані машини);

зміною величини швидкостей коліс (лівих і правих) – цей спосіб аналогічний способу повороту гусеничних машин і називається бортовим.

Також у зазначеній літературі вказано основні способи управління: кінематичний та динамічний. Переважна більшість колісних машин для зміни свого положення відносно поперечного перерізу дороги використовують кінематичний спосіб управління за допомогою напрямних коліс однієї, як правило, передньої осі або у разі ведучих напрямних коліс – переднього мосту. Динамічний спосіб управління набув широкого поширення на гусеничних машинах, забезпечуючи поворот машини практично на місці. Але використання цього способу для колісних машин можливе лише у разі застосування на них електромеханічної трансмісії, яка практично не застосовується для існуючої військової автомобільної техніки, але є достатньо перспективною.

Метою статті є підвищення маневреності колісних машин з механічною трансмісією, а саме машин, які рухаються в колоні, по обмежених ділянках місцевості або коли необхідно реалізувати поворот (розворот) з мінімальним радіусом. Для досягнення поставленої мети необхідно:

запропонувати спосіб управління поворотом колісної машини з механічною трансмісією;

експериментально перевірити достовірність даних, установлених теоретичним шляхом.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для підвищення маневреності колісних машин при русі в колоні або коли необхідно реалізувати поворот на місці пропонується застосувати комбінований спосіб управління поворотом (заявка на винахід № u201414120), який дає змогу підвищити маневреність за рахунок загальмування коліс заднього візка внутрішнього (відстаючого) борту.

На рис. 1 показана схема комбінованого способу управління поворотом колісної машини. Комбінований спосіб управління поворотом здійснюється в такій послідовності. Одночасно з початком повороту

напрямних коліс 1 здійснюють відключення від джерела тиску (на рис. 1 не показано) робочого тіла гальмівних механізмів 2 напрямних коліс 1 та гальмівних механізмів 3 коліс заднього візка 4 зовнішнього (забіжного) борту, а гальмівні механізми 5 коліс заднього візка 6 внутрішнього (відстаючого) борту залишаються з'єднаними з джерелом тиску робочого тіла. Шляхом натиснення водієм на педаль 7 гальмівні механізми 5 коліс заднього візка 6 внутрішнього (відстаючого) борту загальмовуються. Одночасно із цим водій шляхом натиснення на педаль подачі палива (на рис. 1 не показана) збільшує подачу палива в двигун транспортного засобу, що призводить до збільшення тягових сил $P_{к2}$ та $P_{к3}$ на колесах заднього візка 4 зовнішнього (забіжного) борту.

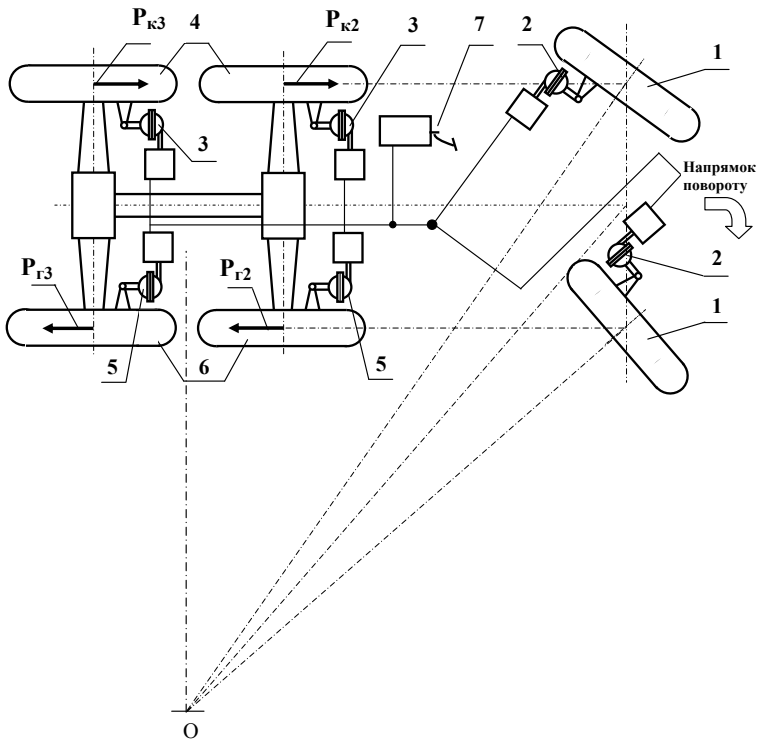


Рис. 1. Схема комбінованого способу керування поворотом колісної машини

У результаті здійснюється поворот транспортного засобу навколо загальмованих коліс заднього візка б внутрішнього (відстаючого) борту, на яких діє гальмова сила P_{22} та P_{23} , що дозволяє забезпечити маневреність транспортного засобу при русі у важких дорожніх умовах, коли необхідно реалізувати поворот на місці.

Після закінчення повороту припиняється загальмування коліс заднього візка б внутрішнього (відстаючого) борту, а гальмівні механізми напрямних коліс та коліс заднього візка зовнішнього (забіжного) борту підключаються до джерела тиску робочого тіла.

Для перевірки і підтвердження запропонованих теоретичних положень з підвищення маневреності колісних машин шляхом комбінованого управління поворотом автомобіля були проведені експериментальні дослідження з оцінки маневреності автомобіля.

Мета досліджень – визначення параметрів маневреності, а саме радіусу повороту автомобіля при використанні комбінованого способу управління поворотом.

Об'єктом експериментальних досліджень було обрано вантажний автомобіль ЗИЛ-131 (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Визначення параметрів маневреності автомобіля ЗИЛ-131:

а – при кінематичному способі управління поворотом; *б* – при комбінованому способі управління поворотом.

Випробування проводилися на горизонтальній ділянці ґрунтової дороги (пісок). Поздовжній і поперечний ухили дороги не перевищу-

вали 1,5 %. Агрегати трансмісії і ходової частини автомобіля перед початком випробувань були прогріті. Шини М-93 320-508 (12,00-20,00) чисті, сухі, знос рисунка протектора не більше 10 %, тиск повітря в шинах 3,0 кгс/см².

Методика проведення експерименту включала підготовку та визначення основних параметрів маневреності колісної машини: радіуса повороту, зовнішнього і внутрішнього діаметра повороту по шинах, габаритного діаметра і коридору повороту машини, відповідно до ГОСТу 27257-87 (ІСО 7457-83) [10].

Визначення основних параметрів проводилось в два етапи.

Перший етап – рух по колу ґрунтовою дорогою – поворот ліворуч, при кінематичному способі управління.

Колісна машина, рухаючись на 1 передачі КПП з мінімально можливою швидкістю при повному повороті рульового колеса ліворуч, описуючи повний круг мінімального діаметра. Продовжуючи рух з мінімально можливою швидкістю при тому ж положенні рульового колеса, виконується ще один повний поворот, але із зупинками через рівні короткі проміжки. При цих зупинках за допомогою виска спроектовані та відзначені на поверхні землі такі точки машини:

а) найдалішу від центру повороту точку нижньої (навантаженої) частини вертикального перетину шини зовнішнього колеса, що відповідає зовнішньому діаметру повороту по шинах. Віднімаючи ширину навантаженого перерізу зовнішньої шини отримуємо діаметр повороту ліворуч;

б) найближчу до центру повороту точку нижньої (навантаженої) частини вертикального перетину шини внутрішнього колеса, що відповідає внутрішньому діаметру повороту по шинах;

в) крайню зовнішню точку колісної машини, тобто ту точку машини, яка описує найбільше коло, що відповідає габаритному діаметру повороту машини.

Другий етап – рух по колу ґрунтовою дорогою – поворот ліворуч, при комбінованому способі управління.

Для управління колісною машиною комбінованим способом повороту колеса заднього візка лівого борту були примусово загаль-

мовані. Решта умов і порядок проведення експериментальних досліджень при використанні комбінованого способу повороту проводились аналогічно наведеному вище кінематичному способу.

У процесі руху автомобіля реєструвалися такі параметри: час розвороту, швидкість руху, радіус повороту, габаритний коридор, зовнішній та внутрішній діаметр повороту по шинах, які наведені в таблиці.

Результати вимірювання

	відстань, м					час розвороту, с					швидкість руху, м/с				
	1	2	3	4	L_{cp}	1	2	3	4	t_{cp}	1	2	3	4	V_{cp}
кінематичний спосіб управління															
зовнішній діаметр повороту по шинах, $D_{ш}$	19,76	19,84	19,79	19,80	19,80										
діаметр повороту автомобіля, D_n	19,44	19,52	19,47	19,48	19,48										
внутрішній діаметр повороту по шинах, $D_{ш'}$	14,2	14,4	14,2	14,4	14,4	56	58	57	58	57	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2
габаритний діаметр повороту, $D_{гс}$	20,6	20,7	20,7	20,6	20,6										
комбінований спосіб управління															
зовнішній діаметр повороту по шинах, $D_{ш}''$	15,40	15,41	15,40	15,39	15,40										
діаметр повороту автомобіля, D_n''	15,08	15,09	15,08	15,07	15,08										
внутрішній діаметр повороту по шинах, $D_{ш}'$	11,70	11,71	11,70	11,69	11,70	58	59	60	59	59	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2
габаритний діаметр повороту машини, $D_{гс}'$	16,10	16,11	16,10	16,12	16,11										

Результати обробки експериментально отриманих даних показали, що при русі автомобіля ЗИЛ-131 комбінованим способом управління поворотом діаметр повороту автомобіля склав 15,08 м; радіус повороту – 7,54 м.

Висновки. При повороті автомобіля з використанням комбінованого способу управління поворотом з повним блокуванням лівих коліс заднього візка встановлено:

зменшення радіуса повороту автомобіля ЗИЛ-131 склало 7,54 м, що на 2,36 м (23 %) менше ніж при кінематичному способі управління поворотом;

зменшення радіуса повороту є наслідком дії додаткового моменту, що виникає при збільшенні різниці між крутними моментами зовнішніх (забіжних) та внутрішніх (відстаючих) коліс заднього візка, що приводить до зменшення радіуса повороту;

колія коліс заднього візка практично співпала з колією напрямних коліс переднього моста (рис. 2 б), унаслідок чого зменшився й габаритний коридор автомобіля.

Отже, використання комбінованого способу управління поворотом автомобіля ЗІЛ-131 з колісною формулою бхб дозволить зменшити радіус його повороту до 23 % та покращити його маневреність, що може бути використано при здійсненні маневру при русі автомобіля в колоні та на обмежених ділянках дороги.

Напрямок **проведення подальших експериментальних досліджень** визначено оцінку впливу колісної формули автомобіля, його швидкості та типу дорожнього покриття на величину радіусу повороту при застосуванні комбінованого способу управління поворотом.

Список використаної літератури

1. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – М. : Машиностроение, 1971. – 416 с.
2. Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей / Д. А. Антонов. – М. : Машиностроение, 1973. – 216 с.
3. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я. Х. Закин. – М. : Транспорт, 1986. – 136 с.
4. Эллис Д. Р. Управляемость автомобиля / Д. Р. Эллис. – М. : Машиностроение, 1975. – 216 с.
5. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков [та ін.] / под ред. М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 614 с.
6. Смирнов Г. А. Теория движения колесных машин / Г. А. Смирнов. – М. : Машиностроение, 1990. – 352 с.
7. Чайковский И. П. Рулевое управление автомобилей / И. П. Чайковский, П. А. Саломатин. – М. : Машиностроение, 1987. – 176 с.
8. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Кирчатый, А. А. Бобошко / под ред. М. А. Подригало. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с.
9. Бобошко А. А. Підвищення маневреності колісних тракторів і самохідних шасі : автореф. дис. канд. техн. наук : спец. 05.22.02 / А. А. Бобошко : ХНАДУ. – Харьков, 2002. – 19 с.
10. ГОСТ 27257-87 (ИСО 7457-83) – Машины землеройные. Методы определения параметров поворота колесных машин. – 11 с.

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент Мазін С. П.

Стаття надійшла до редакції 29.05.2015.

Кайдалов Р. О., Никорчук А. И. **Применение комбинированного способа поворота колесных машин для повышения их маневренности**

В данной статье обоснована возможность повышения маневренности колесных машин при движении в колонне и по ограниченным участкам дороги, которая заключается в применении комбинированного способа управления поворотом, что позволяет повысить эффективность использования автомобильной техники подразделений Национальной гвардии, Вооруженных Сил и Государственной пограничной службы Украины в боевых условиях. Приведён порядок проведения и результаты экспериментальных исследований по определению радиуса поворота колесной машины при использовании комбинированного способа управления поворотом.

Ключевые слова: *маневренность, комбинированный способ управления поворотом, радиус поворота, колёсная машина.*

Kaydalov R. O., Nikorchuk A. I. **Using of combined method of wheeled vehicles turning movement for increasing its maneuvering capability**

Usage of wheeled vehicles in ATO area conduction shows that one of disadvantages of wheeled vehicles during conduction of military operation is low maneuvering capability, especially when wheeled vehicles move in a column. In case of attack on a column, there can be conditions of limited space for turning movement, because of damaged vehicles stop, both ahead and behind undamaged wheeled vehicles. In this case undamaged wheeled vehicle must secure fast maneuvering capability – turning movement (turnback) for implementation of further movement in safe direction.

In the present article is grounded the possibility of increasing of wheeled vehicles maneuvering capability during moving in a column and at restricted road area, which lies in the fact that it is necessary to use combined method of turning control, which helps to increase the efficiency of automotive vehicles usage of National Guard subdivisions, Armed Forces and State Border Guard Service of Ukraine combat conditions.

For increasing maneuvering capability of transport vehicle, during moving in a column and at restricted road area, when it is necessary to implement the turning at a place, simultaneously with the beginning of

directive wheels turning to shutdown pressure source of working fluid brake gear of directive wheels and wheels of outer face trailing dolly. Stopping of outer face trailing dolly wheels, which is followed by fuel supply increasing into transport vehicle motor, secures its turning around outer face trailing dolly wheels with smaller radius of turning movement and overall passage corridor. After the transport vehicle turning movement ends, outer face trailing dolly wheels stops and brake gear of directive wheels and wheels of outer face trailing dolly connect to pressure source of working fluid.

Order of conducting and experimental investigations results with defining of wheeled vehicle turning radius using combined method of turning control are given, in particular:

decreasing of vehicle turning movement radius of ZIL-131 comprised 7,54 m, that is less for 2,36 m (23 %) than while using kinematics method;

decreasing of turning movement radius is the result of additional action of the moment, that occurs while difference between torsion torque of trailing dolly outside and inside wheels increases, that leads to turning radius decreasing;

was established, that wheel tread of trailing dolly practically coincided with front axle wheel thread, as a result of which, vehicle overall corridor was decreased.

Usage of turning movement control combined method allows to decrease vehicle turning radius with wheel arrangement 6X6 to 23% and to improve maneuvering capability, that can be used during completion of a maneuver of vehicle in a column and at restricted road areas.

As the direction of further experimental investigations was defined impact assessment of vehicle wheel arrangement, its speed and type of road pavement at turning radius value while using of turning control combined method.

Keywords: *maneuvering capability, combined method of facing movement control, turning movement radius, and wheeled vehicle.*