

УДК 629.067

А.О. Родюков

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАДНАННЯ ВИМІРУ ДИСТАНЦІЇ ВІД ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛЯ

*В роботі розглянуто залежність основних характеристик обладнання виміру дистанції між автомобілями в колоні від технічних характеристик автомобіля, на якому його встановлено. Наведено формули за якими визначаються основні технічні характеристики обладнання виміру дистанції.*

**Ключові слова:** дистанція, рух в колоні, управління автомобілем.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Характер сучасних військових операцій вимагає високої мобільності частин і підрозділів всіх видів і родів Збройних сил. Переміщення озброєння і військової техніки, як правило, здійснюється в темну пору доби з мінімальним використанням освітлювальних пристроїв (фари та габаритні вогні засобів рухомості озброєння). Орієнтування водіїв при русі автомобілів (автомобільного шасі) забезпечується використанням приладів нічного бачення (ПНВ-57Е), або світломаскувальних приладів (СМУ-1), що значно знижує безпеку переміщення військової техніки. Тому виникає необхідність створення додаткового обладнання засобів рухомості озброєння для допомоги водію забезпечувати високий рівень безпеки при русі в складних умовах та максимальній скритності переміщення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Багато автомобільних фірм та компаній розробляють технічні засоби підвищення безпеки руху автомобілів по дорогах загального призначення, допомоги водію при здійсненні складного маневрування та паркування, майже до повного автономного управління автомобілями автоматизованими системами. Розробки спрямовані для використання на цивільних автомобілях при їх експлуатації в умовах організованого та неорганізованого дорожнього руху. Провідні світові автомобільні компанії активно розробляють безпілотні транспортні засоби (БТЗ). Основними вихідними даними для роботи БТЗ являються сигнали датчиків системи технічного зору (СТЗ) в склад якої входить набір відеокамер, радарів дальньої і ближньої дії, лазери і GNSS приймачі. За допомогою СТЗ БТЗ по розробленим алгоритмам і програмному забезпеченню аналізують обстановку навколо на відстань до 200м, розпізнають дорожню розмітку, дорожні знаки, світлофори, визначають статичні та динамічні об'єкти, а також вирішуються основні задачі підвищення рівня безпеки дорожнього руху [1].

**Метою статті** є дослідження характеристик руху автомобіля при його переміщенні в складі колони та визначення основних характеристик облад-

нання для надання допомоги водієві при здійсненні переміщення автомобільної техніки колоною в складних умовах та при обмеженій видимості.

### Виклад основного матеріалу

Процес управління рухом автомобільної техніки це сукупність дій водія, які направлені на організацію руху з метою забезпечення необхідного режиму, напрямку та швидкості руху. При цьому водій є основною ланкою практично на всіх етапах процесу управління рухом автомобіля, проводячи огляд дороги, контролюючи робочі параметри систем та агрегатів, проводячи маніпуляцію органами управління та забезпечуючи необхідний режим руху. Це приводить до інтенсивних фізичних та психологічних навантажень на водія, особливо в складних умовах руху та значного зниження рівня безпеки руху. Найбільше навантаження на водія призводить рух в колоні, коли необхідно постійно контролювати дистанцію до автомобіля, який рухається попереду. Особливо важко це здійснювати в складних умовах та при скритому переміщенні. Тому виникає необхідність застосовувати на автомобілі додаткове обладнання, яке допомагало б водієві та зменшувало ризики зіткнення. Основою такого обладнання може бути радар або лідар, за допомогою якого визначати відстань до автомобіля, який рухається попереду в конкретний момент часу. При русі в колоні важливо витримувати встановлену дистанцію до автомобіля, який рухається попереду. Дистанція встановлюється старшим (начальником) колони та залежить від швидкості колони. Максимальна швидкість руху колони не повинна перевищувати встановлену Правилами дорожнього руху. Виходячи з умов руху колони стали дистанцію витримувати надзвичайно важко, тому водій намагається триматися в деякому інтервалі між мінімальною та максимальною дистанцією. При цьому мінімальна дистанція це відстань за яку автомобіль може безпечно зупинитися в разі зупинки автомобіля, що рухається попереду, а максимальна це та відстань з якої зберігається можливість наздогнати автомобіль, який рухається попереду. Мінімальну дистанцію руху в колоні визначимо, як гальмівний шлях автомобіля [2]:

$$D_{\min} = V_k \frac{t_0 + t_1 + t_2}{3,6} - 1,63\varphi t_2^2 + \frac{(V_k - 17,7\varphi t_2)^2}{254\varphi}, \quad (1)$$

де  $V_k$  – швидкість автомобіля в колоні;  $t_0$  – загальний час реакції водія ( $t_0 = 0,3 - 1,8$  сек);  $t_1$  – час спрацювання приводу гальмування (для гальм з гідроприводом складає 0,05-0,1 секунди, з пневматичним приводом – 0,2-0,4 секунди);  $t_2$  – час зростання сповільнення (для гальм з гідроприводом складає 0,25-0,4 секунди, з пневматичним приводом – 0,5-0,75 секунди);  $\varphi$  – коефіцієнт зчеплення.

Максимальну дистанцію визначимо як відстань, з якої водій приймає рішення на збільшення швидкості руху з метою зменшення дистанції:

$$D_{\max} = D_{\min} + V_1 t_p + S, \quad (2)$$

де  $V_1$  – швидкість автомобіля до початку прискорення;  $t_p$  – час реакції водія на прийняття рішення щодо прискорення;  $S$  – шлях розгону автомобіля без перемикавання коробки передач, а шлях розгону автомобіля можна визначити як [3]:

$$S = F_{S1} m_1 m_3 / 3,6, \quad (3)$$

де  $F_{S1} = \int_{t_0}^{t_n} V_k dt$  – площа інтегрування гальмівного шляху;  $m_1$  і  $m_3$  – масштаби швидкості і часу.

Провівши відповідні обчислення визначимо максимальну відстань між автомобілями в колоні при якій пристрій визначення дистанції повинен зберігати працездатність. Наприклад: для колони автомобілів типу ЗИЛ-131 при швидкості руху колони 90 км/год та незмінних умовах руху максимально можлива дистанція складатиме:  $D_{\max} = 150$  метрів. Таким чином, обладнання виміру дистанції повинно мати характеристику по дальності виміру до 150 метрів.

Важливою характеристикою обладнання виміру дистанції також є ширина діаграми направленості антени в горизонтальній площині ( $\beta_0$ ).

Стала робота приладу виміру дистанції буде забезпечена при умові постійного знаходження автомобіля, який рухається попереду, в межах діаграми направленості антени при здійсненні маневрування (зміні напрямку руху). Максимальне відхилення від прямолінійного руху визначимо виходячи з мінімального радіусу заокруглення дороги, при якому автомобіль зберігає стійкість до перевертання, як показано на рис. 1. Критична швидкість, при якій починається перевертання автомобіля, визначається як [2]:

$$V_{\pi} = \sqrt{(B + 2h_g t_g \beta) g R / (2h_g - B t_g \beta)}, \quad (4)$$

де  $B$  – ширина колії автомобіля;  $h_g$  – висота положення центру ваги автомобіля;  $\beta$  – кут нахилу дороги;  $R$  – радіус заокруглення дороги (радіус повороту автомобіля);  $g$  – прискорення земного тяжіння.

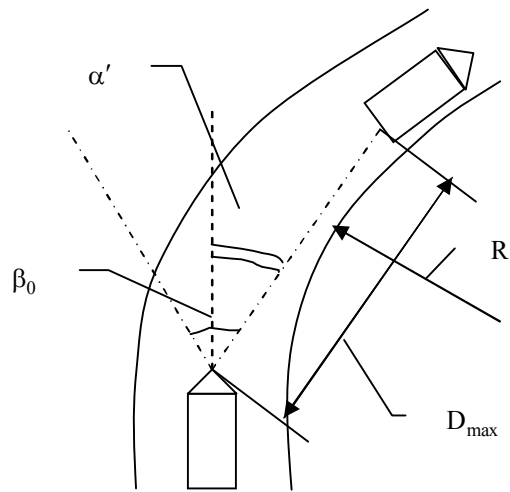


Рис. 1. Рух по заокруглені дороги

За умови руху по дорозі без нахилу, радіус повороту при якому починається перевертання визначимо за формулою:

$$R = 2h_g V_{\pi}^2 / (gB). \quad (5)$$

Проведемо розрахунок критичного радіусу повороту при якому починається перевертання для автомобіля ЗИЛ-131 ( $B = 1,82$ м;  $h_g = 1,2$ м).

Таблиця 1

Критичні радіуси повороту автомобіля ЗИЛ-131

| $V_{\pi}$ , км/год | 20  | 30  | 40   | 50 | 60   | 70 | 80   | 90   |
|--------------------|-----|-----|------|----|------|----|------|------|
| $R$ , м            | 4,2 | 9,3 | 16,6 | 26 | 37,4 | 51 | 66,4 | 84,1 |

Автомобіль виконуючи критичний поворот буде рухатись по дузі з радіусом  $R$ , при цьому автомобіль, що рухається попереду на відстані  $D_{\min}$ , матиме кутове переміщення  $\Delta\beta$  по відношенню до наступного автомобіля в колоні (рис. 2).

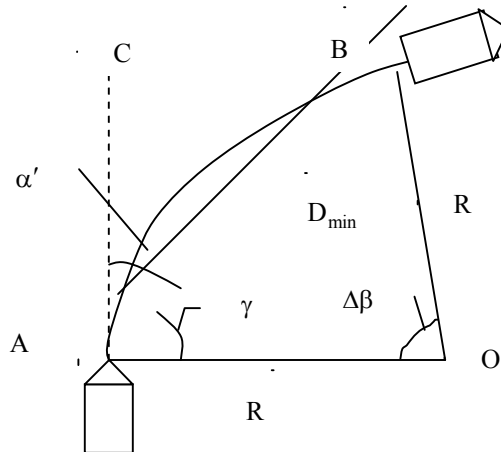


Рис. 2. Визначення кута відхилення

Припускаючи, що обидва автомобілі при здійсненні повороту одночасно рухаються по окружності, визначимо кут  $\alpha'$  між віссю автомобіля А та напрямком на автомобіль В, що рухається попереду. Враховуючи, що АВ – дистанція між автомобілям в колоні, ОА та ОВ – радіус повороту при критичній

швидкості, АС – позадвожня вісь автомобіля, то кут ОАС рівний  $90^{\circ}$ . Величину кута АОВ визначимо як  $\Delta\beta = AB/R = D_{\min}/R$ , (рад). (6)

За умови  $\Delta\beta^0 = (180/\pi) \cdot \Delta\beta$ , величину кута ОАВ визначимо за формулою:  $\gamma = (180 - \Delta\beta)/2$ , (град). (7)

Відповідно:  $\alpha' = 90 - \gamma$ . (8)

Використовуючи формули (2); (6) – (8) визначимо кут  $\alpha'$  для різних швидкостей руху автомобіля в колоні (табл. 2) при здійсненні критичного повороту.

Таблиця 2

Значення кута відхилення при критичному повороті

|                  |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $V_k$ , км/год   | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| $\alpha'$ , град | 14 | 11 | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  |

Таким же чином проведемо розрахунки залежності кута  $\alpha'$  при здійсненні повороту автомобіля по дорозі загального призначення (табл. 3) з мінімальним радіусом заокруглення дороги ( $R=30m$ ), відповідно ДБН В.2.3-4 2007 Споруди транспорту. Автомобільні дороги.

Таблиця 3

Значення кута відхилення при повороті на дорозі

|                  |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $V_k$ , км/год   | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| $\alpha'$ , град | 2  | 4  | 5  | 6  | —* | —  | —  | —  |

\* – перевертання автомобіля.

З табл. 2 та 3 видно, що найбільше значення кут  $\alpha'$  буде мати за умови критичного повороту автомобіля при русі з мінімальною швидкістю.

Оскільки кут  $\alpha'$  визначено при повороті праворуч, очевидно, що при повороті ліворуч кут  $\alpha'$  матиме аналогічне значення, тобто для роботи приладу визначення дистанції достатньо мати ширину діаграми направленості його антени:

$$\beta_0 = 2\alpha' \quad (9)$$

Враховуючи формули (6) – (8) визначимо мінімально можливу ширину діаграми направленості антени приладу визначення дистанції:

$$\beta_0 = 57,3 \cdot D_{\max}/R \quad (10)$$

Дискретність ( $\Delta t$ ) виміру відстані до автомобіля, який рухається попереду, визначимо за умови сталої швидкості руху колони. Оскільки значення  $\Delta t$  не повинно перевищувати час за який відстань між автомобілями зросте від  $D_{\min}$  до  $D_{\max}$ , то:

$$\Delta t \leq (D_{\max} - D_{\min})/V_k \quad (11)$$

Враховуючи формули (1); (2) та припустивши, що  $V_1 = V_k$ , отримаємо:

$$\Delta t \leq t_p + S/V_k \quad (12)$$

Таким чином, дискретність виміру дистанції не повинна перевищувати час необхідний для розгону до швидкості автомобіля, який рухається попереду.

## Висновки

Отримані результати дослідження характеристик руху автомобіля в колоні дозволяють зробити висновок, що основні характеристики обладнання для виміру дистанції залежать від технічних характеристик автомобіля, на якому це обладнання встановлюється. Визначено залежності ширини діаграми направленості, дискретності зондуючих імпульсів та робочої дальності визначення дистанції від технічних характеристик автомобіля.

## Список літератури

1. Тарасик В.П. Интеллектуальные системы управления автотранспортными средствами: моногр. / В.П. Тарасик. – Минск: УП “Технопринт”, 2004. – 512 с.
2. Армейские автомобили / А.С. Антонов, Ю.А. Кононович и др. – М.: Воениздат, 1970. – 526 с.
3. Волков В.П. Теория руху автомобіля: підручн. / В.П. Волков, Г.Б. Вільський. – Суми: Університетська книга, 2010. – 320 с.

Надійшла до редколегії 14.12.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Б.О. Демідов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСТАНЦИИ ОТ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЯ

А.А. Родюков

В работе рассмотрено зависимость основных характеристик оборудования измерения дистанции между автомобилями в колонне от технических характеристик автомобиля, на котором его установлено. Приведены формулы по которым определяют основные технические характеристики оборудования измерения дистанции.

**Ключевые слова:** дистанция, движение в колонне, управление автомобилем.

## DEFINING CHARACTERISTICS OF EQUIPMENT DEPENDING ON DISTANCE MEASURING PERFORMANCE CAR

A.A. Rodyukov

The paper considers the dependence of the main characteristics of the equipment measuring the distance between the cars in column on the specifications of the vehicle on which it is installed. The formulas which define the basic technical characteristics of equipment measuring distance.

**Keywords:** distance, movement in the column, independent driving.