

Зубарев М.С., аспірант

Науковий керівник: Бас К.М., к.т.н., завідувач кафедри автомобілів та автомобільного господарства

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ВИЗНАЧЕННЯ КРИВИЗНИ ТА КРУЧЕННЯ ДОРОГИ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ ПРОСТОРОВИЙ РУХ АВТОМОБІЛЯ ЗА ЗАДАНИМ ГОДОГРАФОМ

Актуальність теми. При повній автоматизації руху промислових транспортних засобів необхідно знати та реалізувати конструктивні параметри автомобільних доріг, що надають можливість безпілотним автомобілям забезпечити певну технологічними процесами продуктивність, переміщуючись по заданих маршрутах та виконуючи вимоги безпеки. Використання безпілотних автомобілів дедалі більше зміцнюється як потреба у свідомості людства і не є наукової фантастикою. Питаннями їх створення та вдосконалення займаються багато провідних компаній світу, а дослідники різних країн сходяться на думці, що до 2030 року автономні транспортні засоби будуть досить зручними і доступними, що дозволить витіснити більшість автомобілів, керованих людиною. Вони забезпечать незалежну мобільність пасажирів, дозволять захистити від стресу та нудьги, викликаних рутинним водінням, та дозволять кардинально вирішити проблеми із заторами, аваріями та забрудненням довкілля [1-3].

Мета роботи. Створення алгоритму визначення кривизни та крутіння автомобільної дороги, що забезпечує просторовий рух безпілотного автомобіля за заданим графіком.

Основний матеріал. Внутрішньозаводські та внутрішньокар'єрні автомобільні дороги є частиною схеми технологічних транспортних комунікацій з обслуговування виробничого процесу підприємства та характеризуються специфічними умовами експлуатації та особливостями конструкції. Так схеми, траса та влаштування кар'єрних автошляхів визначаються гірничотехнічними умовами розробки родовища, напрямом та відстанню транспортування розкривних порід, корисних копалин та обсягом перевезень. При застосуванні автомобільного транспорту на кар'єрах капітальні траншеї з технологічними автошляхами, що забезпечують транспортний зв'язок розкривних та видобувкових уступів з відвалами та вантажно-складським комплексом на поверхні, виконуються у вигляді прямих, спіральних, петльових та комбінованих з'їздів. Прямі з'їзди використовують при розробці родовищ з горизонтальним або слабопохилим заляганням пластів при відносно невеликій глибині кар'єру, спіральні з'їзди - на глибоких кар'єрах з обмеженими розмірами в плані, петльові - за значної глибини кар'єру, коли прямим з'їздом не вдається досягти нижніх уступів. На більшості кар'єрів під час використання автотранспорту застосовують комбіновані з'їзди. При влаштуванні петльових трас на крутих бортах кар'єру безпечно з'єднання прямих ділянок автомобільних доріг досягається лише спорудженням серпантину. Для забезпечення руху безпілотних автомобілів серпантинном пропонується розглянути схему, представлену на рис. 1.

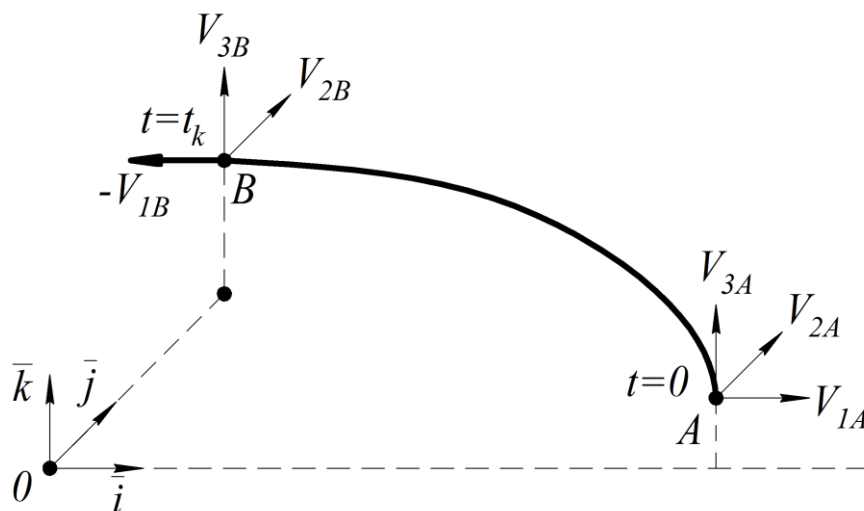


Рисунок 1 – Елемент траси для руху безпілотного автомобіля серпантином

Граничні умови для цієї схеми:

$$t = 0, \quad t = t_k, \quad \bar{r}_A = \bar{i}r_{1A} + \bar{k}r_{3A}, \quad \bar{r}_B = \bar{j}r_{2B} + \bar{k}r_{3B},$$

$$\bar{V}_A = \bar{i}V_{1A} + \bar{j}V_{2A} + \bar{k}V_{3A},$$

$$\bar{V}_B = -\bar{i}V_{1B} + \bar{j}V_{2B} + \bar{k}V_{3B}.$$

Так як

$$r_{2A} = 0 \quad \text{та} \quad r_{1B} = 0.$$

вважаємо також, що:

$$\omega t_k = \frac{\pi}{2},$$

т.ч. поворот здійснюється на прямий кут.

Тоді годограф руху автомобіля при підйомі

$$r_{3B} - r_{3A} > 0$$

і повороті на заданий кут

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

по просторовій магістралі знаходиться у вигляді:

$$\bar{r}(t) = \left\| \rho_0 \ \rho_1 \ \rho_2 \ \rho_3 \right\| \begin{Bmatrix} 1 \\ t \\ t^2 \\ t^3 \end{Bmatrix} (\bar{i} \cos(\omega t) + \bar{j} \sin(\omega t)) + \left\| h_0 \ h_1 \ h_2 \ h_3 \right\| \begin{Bmatrix} 1 \\ t \\ t^2 \\ t^3 \end{Bmatrix} \bar{k} \quad (1)$$

Компоненти радіус-вектора $\bar{r}(t)$ програмного руху записуються у вигляді:

$$r_1(t) = (\rho_0 + \rho_1 t + \rho_2 t^2 + \rho_3 t^3) \cos(\omega t), \quad (1)$$

$$r_2(t) = (\rho_0 + \rho_1 t + \rho_2 t^2 + \rho_3 t^3) \sin(\omega t), \quad (1)$$

$$r_3(t) = h_0 + h_1 t + h_2 t^2 + h_3 t^3, \quad (1)$$

А компоненти вектору швидкості відповідно:

$$\dot{r}_1(t) = (\rho_1 + 2\rho_2 t + 3\rho_3 t^2) \cos(\omega t) - \omega(\rho_0 + \rho_1 t + \rho_2 t^2 + \rho_3 t^3) \sin(\omega t), \quad (1)$$

$$\dot{r}_2(t) = (\rho_1 + 2\rho_2 t + 3\rho_3 t^2) \sin(\omega t) + \omega(\rho_0 + \rho_1 t + \rho_2 t^2 + \rho_3 t^3) \cos(\omega t), \quad (1)$$

$$\dot{r}_3(t) = h_1 + 2h_2 t + 3h_3 t^2, \quad (1)$$

де $\rho_0, \rho_1, \rho_2, \rho_3$ и h_0, h_1, h_2, h_3 - параметри годографа, що варіюються.

Висновки. Запропоновано в класі спіралі-гвинтових ліній детермінована математична модель кінематики гібридизованого автомобіля у вигляді годографа. Запропоновані годографи руху дозволяють знаходити швидкість і прискорення автомобіля, траєкторію і кривизну автомагістралі, а також відкривають можливість проведення досліджень з оцінки керуваності автомобіля, динамічної навантаженості його конструкції і дорожньої поверхні.

Перелік посилань

1. Kravets, V.V., Bass, K.M., Kravets, T.V., Tokar, L.V. Dynamic design of ground transport with the help of computational experiment, MMSE Journal, 1, October 2015, p.p. 105-111. ISSN 2412-5954, Open access www.mmse.xyz, DOI 10.13140/RG.2.1.2466.6643.

2. Kravets V., Kravets T., Bas K., Tokar L. Mathematical model of a path and hodograph of surface transport // Transport Problems. - 2014. – P.830-841.