

## ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗМІНИ КУТОВИХ ПАРАМЕТРІВ

Довжик М.Я., к.т.н., доц., Татъянченко Б.Я., к.т.н., доц., Сіренко Ю.В., асп.  
(Сумський національний аграрний університет)

Траєкторія криволінійного руху колісного трактора залежить, в основному, від інтенсивності повороту керма і ще, в деякій мірі, від кутів відведення коліс, які в свою чергу залежать від швидкості руху та розподілення рушійної потужності між ведучими осями у разі повнопривідної машини. Це основні фактори, пов'язані безпосередньо з машиною, які визначають кривизну траєкторії. Окрім цього, існує багато інших факторів, які залежать від властивостей ґрунту, рельєфу, характеру навантаження, виду причіпних чи навісних знарядь [1, 2]. Поворотність трактора і, відповідно, крутизна траєкторії у великій мірі залежать від кінематичної схеми ходової частини: з керованими колесами однієї осі чи обох осей, з усіма керованими колесами, або з шарнірною рамою, яка має можливість складатися, зламуватися у площині руху. Кожен з цих випадків потребує окремого підходу при складанні і рішенні рівнянь руху, якщо є необхідність довести рішення до числового результату, що необхідно в процесі автоматичного керування транспортним засобом.

Для чотирьохколісного трактора із заднім ведучим мостом і передніми керованими колесами, наприклад, трактора МТЗ-82, при виводі рівнянь траєкторії руху по плоскій однорідній поверхні були введені, так звані, коефіцієнт інтенсивності повороту передніх коліс  $k_{\alpha 1}$  і коефіцієнт інтенсивності зміни кута між дотичною до траєкторії і віссю трактора  $k_{\alpha}$ , а також коефіцієнти інтенсивності зміни кутів відведення передніх і задніх коліс –  $k_{\beta 1}$  і  $k_{\beta 2}$ . Коефіцієнт інтенсивності повороту передніх керованих коліс – це відношення максимального кута повороту передніх коліс  $\alpha_1$  до максимального кута повороту

корпуса трактора  $\varphi$ :  $k_{\alpha 1} = \frac{\alpha_{1max}}{\varphi_{max}}$ . Максимальний кут повороту  $\varphi$ , який задається

умовою задачі, може бути забезпечений різними значеннями кута  $\alpha_1$ , які впливають на зміну радіусу повороту і, відповідно, кривизни траєкторії, що й забезпечує коефіцієнт  $k_{\alpha 1}$ . У загальному випадку він може бути змінним на ділянці ( $\alpha_{o1} \dots \alpha_{max}$ ) або ( $\varphi_o \dots \varphi_{max}$ ). Тут  $\alpha_{o1}$  і  $\varphi_o$  – початкові значення кутів  $\alpha_1$  і  $\varphi$  на початку входу в поворот або виходу з повороту. Розрахунки показують, що траєкторія руху несуттєво залежить від закономірності зміни кута  $\alpha_1 = \alpha_1(\varphi)$ , якщо ця функція монотонна і не має дуже різких змін на ділянках зростання або зменшення [3, 4].

На практиці такі випадки, безумовно, мають місце, коли водій здійснює швидкі повороти керма. Таким чином, форма траєкторії і складність рішення її рівнянь визначаються руками водія або керуючим апаратом. Найпростіший - це лінійна залежність всіх змінних величин. Наприклад, для кута повороту передніх коліс  $\alpha_1 = \alpha_{o1} + k_{\alpha 1}\varphi$ . Цю залежність не важко реалізувати як при ручному

керуванні, так і за допомогою будь-якого керуючого пристрою для автоматизації повороту. Таким чином, коефіцієнт  $k_{\alpha 1}$  можна вважати основним при визначенні вихідних даних для розрахунку траєкторії повороту:

$$k_{\alpha 1} = \frac{\alpha_{1max} - \alpha_{o1}}{\varphi_{max} - \varphi_o}. \quad (1)$$

При використанні правої системи координат на ділянці входу в поворот  $k_{\alpha 1} > 0$ , на ділянці виходу з повороту  $k_{\alpha 1} < 0$  і при повороті з фіксованим положенням керма  $\alpha_1 = const$  і  $k_{\alpha 1} = 0$ . В останньому випадку поворот здійснюється по коловій траєкторії, якщо не враховувати відведення коліс.

Коефіцієнт  $k_\alpha$  – залежить від коефіцієнта  $k_{\alpha 1}$ :

$$\frac{tg \alpha}{tg \alpha_1} = \frac{tg(k_\alpha \varphi)}{tg(k_{\alpha 1} \varphi)} = \frac{\ell_2}{L}, \text{ звідки } k_\alpha = \frac{1}{\varphi} \arctg \left[ \frac{\ell_2}{L} tg(k_{\alpha 1} \varphi) \right], \quad (2)$$

тобто  $k_\alpha$  залежить як від  $k_{\alpha 1}$ , так і від кута повороту  $\varphi$ . Теоретично коефіцієнт  $k_{\alpha 1}$  може мати будь-яке значення ( $-\infty < k_{\alpha 1} < +\infty$ ), але чим менше значення  $k_{\alpha 1}$ , тим повільніше, більш повно здійснюється поворот. Максимальне значення  $k_{\alpha 1}$  обмежене стійкістю трактора, яка залежить від швидкості руху  $v$ . При малих значеннях кутів  $\alpha$  і  $\alpha_1$  ( $\alpha_1 < 30^\circ$ )  $tg \alpha \approx \alpha$  і  $tg \alpha_1 \approx \alpha_1$ , тоді  $k_\alpha = \frac{\ell_2}{L} k_{\alpha 1} \approx 0,4 k_{\alpha 1}$ .

### Список літератури

1. Калинин Е.И. Уравнение движения навесного пахотного агрегата. - Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П.Василенко. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [rusnauka.com > 27\\_11\\_2008 /Agricole/35330.doc.htm](http://rusnauka.com/27_11_2008/Agricole/35330.doc.htm).
2. Ягубова Е.В. Метод обеспечения устойчивости колёсного трактора, оснащенного автоматической системой управления движением, при работе на склоне. – Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. М., 2016.
3. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е., Бочаров Н.Ф., Ксенович И.П., Солонский А.С. Тракторы. Теория. Учебник для студентов вузов по спец. “Автомобили и тракторы”, – М.: “Машиностроение”, 1988, 376 с.
4. Татьяначенко Б.Я., Сіренко Ю.В. Три рівняння траєкторії неусталеного руху колісної машини. XIV Міжнародна конференція «Стратегія якості у промисловості і освіті» (4-7 червня 2018 р., Варна, Болгарія): Матеріали. У 2-х томах. Том I. Упорядники: Хохлова Т.С., Кімстач Т.В. – Дніпро-Варна, 2018. – 396 с., с. 118-124.