

ГРАФІЧНИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ КРИВОЛІНІЙНОГО РУХУ ЧОТИРЬОХКОЛІСНОГО ТРАКТОРА С ПЕРЕДНІМИ КЕРОВАНИМИ КОЛЕСАМИ

Довжик М.Я., к.т.н., доцент, Татьяначенко Б.Я., к.т.н., доцент,
Соларьов О.О., асистент
(Сумський національний аграрний університет)

В статті пропонується графічний спосіб побудови траєкторії руху колісного трактора і наведені приклади траєкторії входу в поворот і виходу із повороту на прикладі трактора МТЗ-82.

Ключові слова: трактор, графічний спосіб, траєкторія, поворот.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження траєкторій криволінійного руху машин має важливе практичне значення, тому це питання не залишається поза увагою вчених, вивчаючих рух машинно-тракторних агрегатів в умовах польових робіт. В літературі приводиться визначення траєкторії руху центра мас транспортного засобу при поворотах, а також вплив бокового ведення коліс під час криволінійного руху [1].

В навчальній літературі описані технологічні схеми поворотів агрегатів на різних ділянках поля [2]. Мають місце спроби будівництва траєкторії криволінійного руху графоаналітичним методом [3, с. 52 – 59]. Однак питання криволінійного руху машин ще не можна вважати розробленими у повній мірі.

В даній роботі пропонується ще один метод приблизного визначення траєкторії криволінійного руху трактора.

Головна частина. Розглянемо найпростіший випадок руху трактора при постійному середньому значенні кута повороту α_1 керованих коліс і відповідному йому значенні кута α між вектором швидкості v центра ваги трактора C і віссю рухомої системи координат $\eta C \xi$ (рис.1.), не приймаючи до уваги вплив кутів ведення коліс, обумовлених дією бокових сил, що виникають під час криволінійного руху.

Проекції швидкості центра мас трактора на осі рухомої системи координат $\eta C \xi$: $v_\eta = v \cos \alpha$; $v_\xi = v \sin \alpha$.

При постійній кулової швидкості v і фіксованих кутах α_1 і α трактор буде рухатися по колу радіусом $R_c = \frac{R}{\cos \alpha}$ із кутовою швидкістю $\omega = \frac{v}{R}$, обертаючись у часі t на кут $\varphi = \omega t$. Кут α у цьому випадку обчислюється за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_2}{L} \operatorname{tg} \alpha_1. \quad (1)$$

Проекції складових швидкості v на осі нерухомої системи координат xOy з урахуванням кута φ відносного повороту остова трактора і відповідної зміни координат точки C будуть:

$$v_x = v_\eta \cos \varphi - v_\xi \sin \varphi = v_\eta (\cos \omega t - \operatorname{tg} \alpha \sin [\omega t]); \quad (2)$$

$$v_y = v_\eta \sin \varphi - v_\xi \cos \varphi = v_\eta (\sin \omega t + \operatorname{tg} \alpha \cos [\omega t]). \quad (3)$$

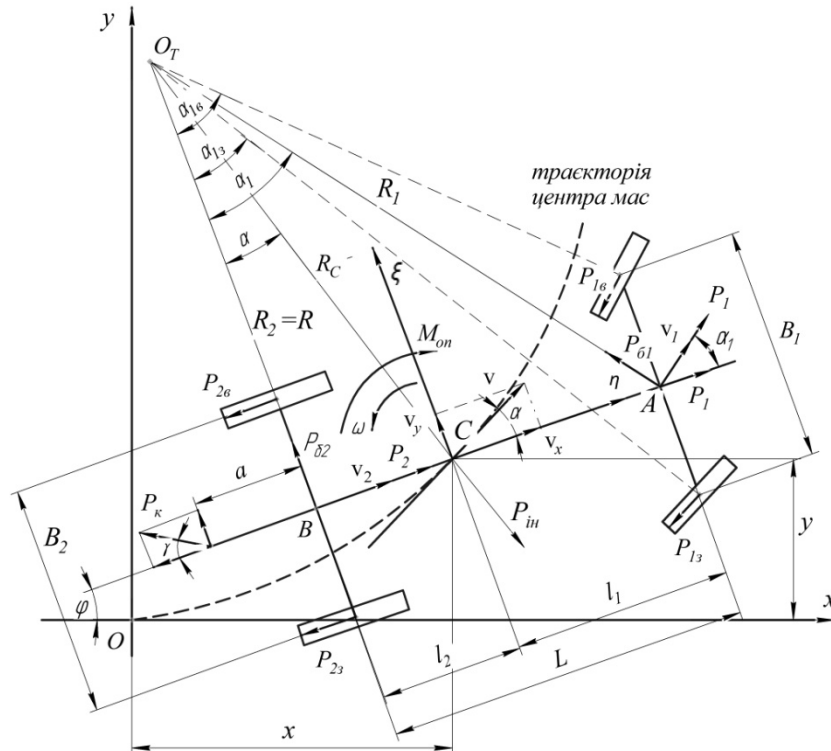


Рис. 1. Схема повороту колісного трактора з передніми керованими колесами

Тоді координати центра C у нерухомій системі координат можна знайти як $x = \int v_x dt$; $y = \int v_y dt$, а після визначення постійних інтегрування з умов ($t = 0$; $x =$

0 ; $y = 0$) і враховуючи, що $v_\xi = R \omega \cos \alpha$ і $R \cos \alpha = R$, отримаємо рівняння траєкторії руху, виражені координатним способом:

$$x = R (\sin \omega t - \operatorname{tg} \alpha (1 + \cos \omega t)); \quad (4)$$

$$y = R (\operatorname{tg} \alpha \sin \omega t - \cos \omega t + 1). \quad (5)$$

На рис. 2. показані траєкторії руху центра ваги трактора у відносних координатах $\frac{x}{R}$ і $\frac{y}{R}$ при різних значеннях кута повороту керованих коліс α_1 і відповідних їм значенням кута α , які уявляють собою віяло кіл, повернутих відносно осі $\frac{x}{R}$ на невеликі кути в залежності від вихідних параметрів α_1 і α .

Перераховуючи відносні координати $\bar{x} = \frac{x}{R}$ і $\bar{y} = \frac{y}{R}$ за формулами $x = R \bar{x} = \frac{l_2 \bar{x}}{\operatorname{tg} \alpha}$;

$y = Ry = \frac{l_2 \bar{y}}{\text{tg} \alpha}$, отримаємо реальні траєкторії колового руху трактора при різних кутах повороту керованих коліс. На рис. 3 такі траєкторії побудовані для трактора МТЗ-82.

Така ідеальна картина мала б місце, якщо не враховувати наявність бокових сил і сил опору коченню коліс, що викликають появу кутів ведення $\Delta\varphi_1$ і $\Delta\varphi_2$, які залежать не тільки від змінних у загальному випадку кутів α_1 і α , а також від швидкості руху трактора і багатьох інших факторів. Побудовані колові діаграми можна використати як інструменти графічного дослідження кінематики криволінійного руху трактора у загальному випадку, тобто при змінних в часі швидкості і кута повороту керованих коліс.

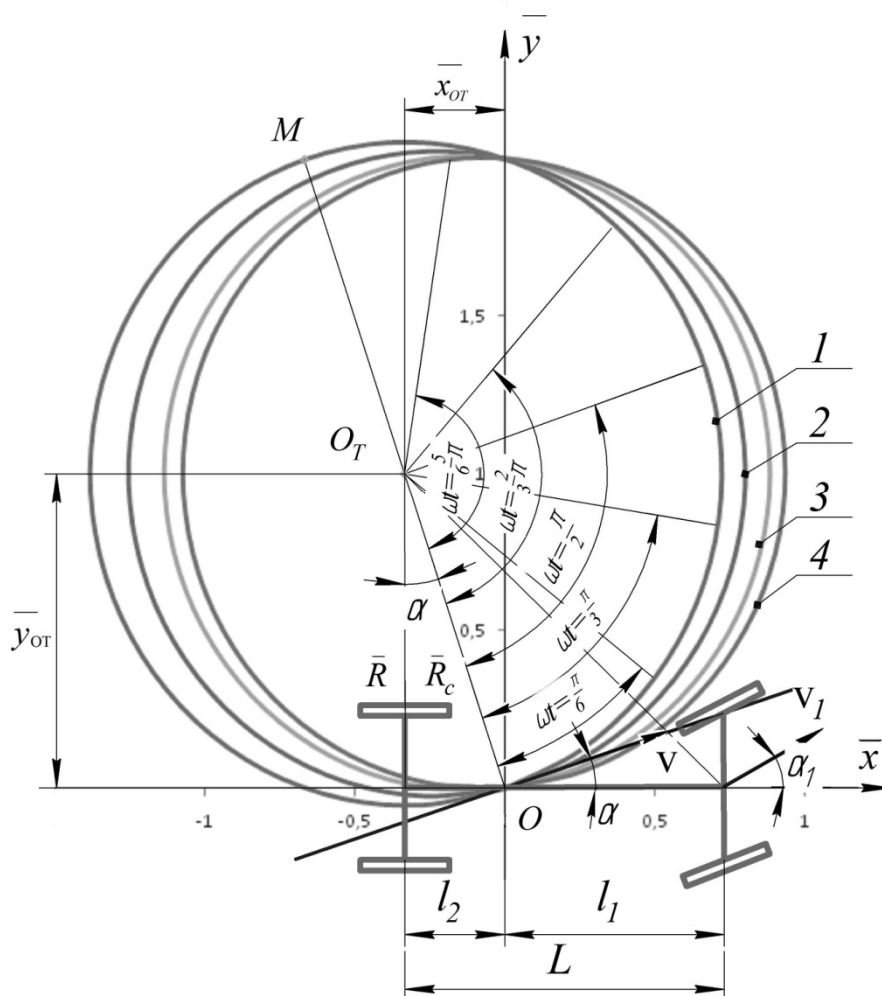


Рис. 2. Траєкторія руху центра ваги трактора у відносних координатах
 1. $\alpha_1 = 40^\circ$, $\alpha = 18^\circ 14'$; 2. $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha = 12^\circ 43'$; 3. $\alpha_1 = 20^\circ$, $\alpha = 8^\circ 44'$;
 4. $\alpha_1 = 10^\circ$, $\alpha = 3^\circ 56'$.

В разі ступінчастої зміни кутів α_1 і α необхідно всю дугу входу в поворот поділити на бажану кількість частин (ступеней) і визначитися із вхідними параметрами: при яких значеннях кутів α_1 і α буде здійснюватися

поворот у межах кожної ступені. Відповідні радіуси повороту знаходяться за формулою:

$$R_c = \frac{R}{\cos \alpha} = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha_1 \cos \alpha} = \frac{l_2}{\sin \alpha}. \quad (6)$$

В кінці кожної ділянки визначається новий радіус повороту R_c і знаходиться центр кривизни на лінії під кутом

$$\Delta \alpha = \frac{l_2}{L} \operatorname{arctg} \Delta \alpha_1. \quad (7)$$

який при вході в поворот в правій системі координат відкладається проти годинникової стрілки від перпендикуляру до напрямку швидкості v в кінці попередньої ділянки, а при виході з повороту – за годинниковою стрілкою.

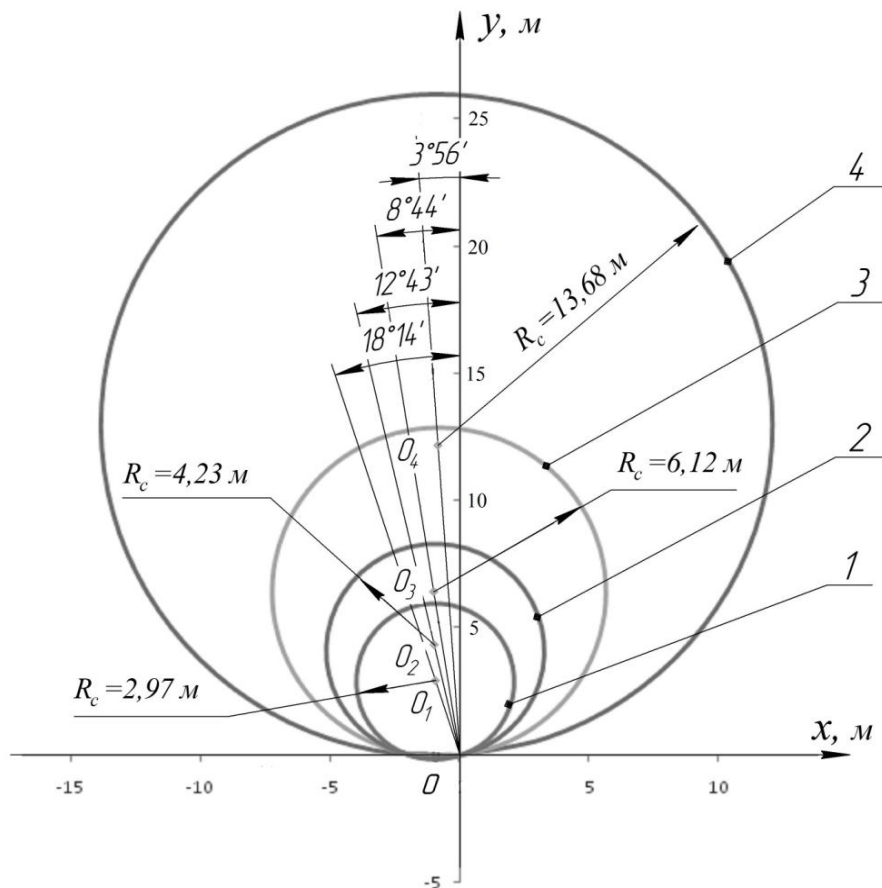


Рис. 3. Реальні траєкторії колового руху трактора МТЗ-82

1. $\alpha_1 = 40^\circ$, $\alpha = 18^\circ 14'$; 2. $\alpha_1 = 30^\circ$, $\alpha = 12^\circ 43'$; 3. $\alpha_1 = 20^\circ$, $\alpha = 8^\circ 44'$;
4. $\alpha_1 = 10^\circ$, $\alpha = 3^\circ 56'$.

На рис. 4 побудована траєкторія руху трактора МТЗ-82 під час входу в поворот на 90° і виходу із повороту при 4-разовій ступінчатій зміні кутів α_1 і α . При цьому дуги постійного радіусу кривизни траєкторії однакові і складають $\Delta \varphi = 22,5^\circ$, кут α_1 ступінчато рівними частками змінюється від 0 до 40° ($\Delta \alpha_1 = 10^\circ$), а кут α – від $3^\circ 54'$ до $18^\circ 12'$ ($\Delta \alpha = 3^\circ 36'$).

Тепер можна визначити порядок побудови траєкторій для будь-якої заданої програми руху. Виходячи із заданих кута повороту φ і мінімального радіусу кривизни траєкторії R_{Cmin} , знаходимо максимальне значення кута

$\alpha_{max} = \frac{l_2}{R_{Cmin}}$ і, прийнявши кількість поділок n , визначаємо центральний кут

дуги кожної ступені. $\Delta\alpha = \frac{\alpha_{max}}{n}$. Радіуси кривизни кожної ступені будуть:

$R_{C1} = \frac{l_2}{\sin\Delta\alpha} = \frac{l_2}{\Delta\alpha}$; $R_{C2} = \frac{l_2}{2\Delta\alpha}$... $R_{Cn} = \frac{l_2}{n\Delta\alpha}$. Радіуси R_{Ci} відкладаються під кутом

$\Delta\alpha$ до нормалі траєкторії руху на початку кожної ступені. При вході в поворот кут $\Delta\alpha$ відкладається у напрямку повороту, а при виході із повороту – в протилежному напрямку. Наближення траєкторії руху, побудованої у такий спосіб, до істинної траєкторії буде тим більше, чим більше ступеней n . При необхідності можна передбачати ділянки колового руху з постійними радіусами кривизни відповідно до рис. 3.

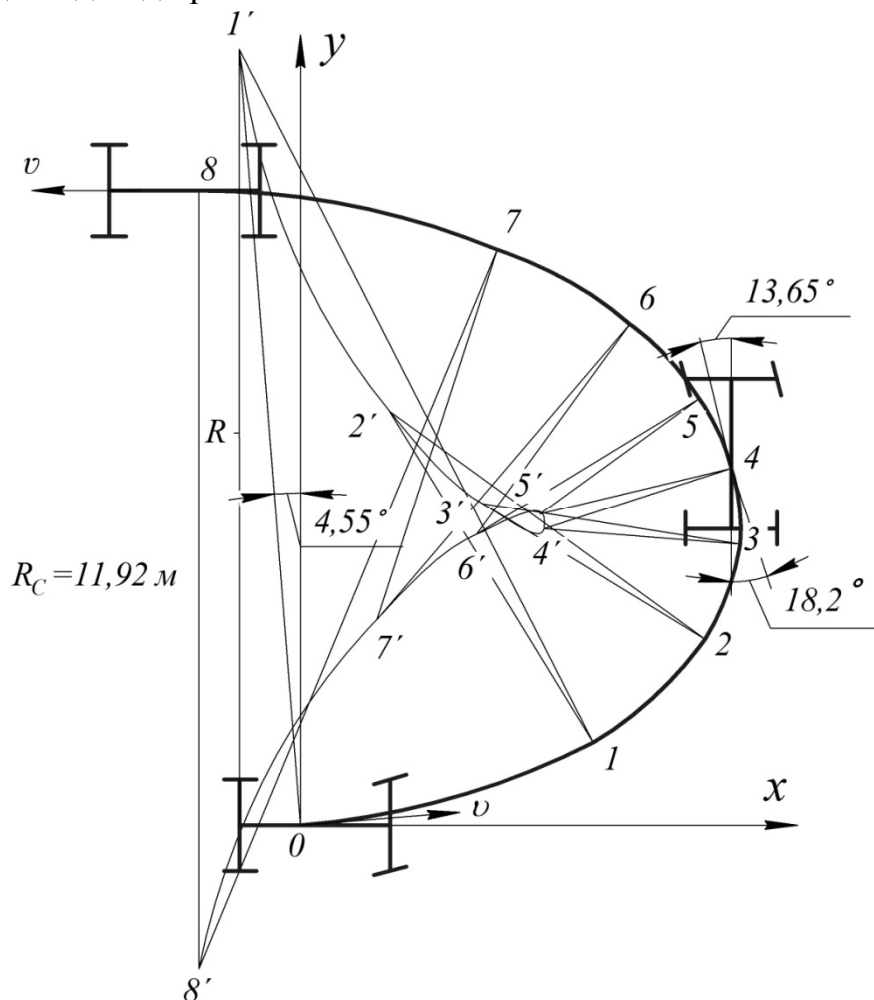


Рис. 4. Траєкторія входу в поворот на 90° і виходу із повороту трактора МТЗ-82 при чотирьох-разовій ступінчастій зміні кута α від $4,55^\circ$ до $18,2^\circ$ з однаковими дугами постійного радіусу кривизни $\Delta\varphi = 22,5^\circ$

Висновок. Розроблено графоаналітичний спосіб визначення траєкторії криволінійного руху трактора і побудовані траєкторії входу в поворот і виходу з повороту на прикладі трактора МТЗ-82.

Література

1. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин М. «Машиностроение» 1990, 352 с.
2. С.А. Иофинов, Г.П. Лышко. Эксплуатация машинотракторного парка. М.:Колос 1984, 351 с.
3. Анилович В.Я. Водолажченко Ю.Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов.

GRAPHIC WAY TO DETERMINE THE TRAJECTORY OF CURVILINEAR MOTION FOUR C WHEELED TRACTOR FRONT STEERED WHEELS

M.J. Dovzhik, B.J. Tatyanchenko, A.A. Solaryov
(*Sumy national agrarian university*)

The article presents a graphical method for constructing the trajectory of the wheel tractor and examples enter the path and turn out of turn to the example of tractor MTZ-82.

Keywords: tractor, graphical manner, trajectory, twist.

ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАЕКТОРИИ КРИВОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ЧЕТЫРЕХКОЛЕСНОГО ТРАКТОРА С ПЕРЕДНИМИ УПРАВЛЯЕМЫМИ КОЛЕСАМИ

Довжик М.А., к.т.н., доцент, **Татьянченко Б.Я.,** к.т.н., доцент,
Соларьев О.О., ассистент
(*Сумский национальный аграрный университет*)

В статье предлагается графический способ построения траектории движения колесного трактора и приведены примеры траектории входа в поворот и выхода из поворота на примере трактора МТЗ-82.

Ключевые слова: трактор, графический способ, траектория, поворот.