

**ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРУ КОЛОВОЇ ТРАЄКТОРІЇ
ГРУШОПОДІБНОГО РОЗВОРОТУ МТА**

При дослідженні криволінійного руху трактора одна з основних задач дослідження, пов'язана з розворотами агрегатів під час виконання польових робіт, які належить зробити найбільш раціональними і економічними, щоб обмежити непродуктивні витрати потужності і запобігти пошкодженню ділянок землі, на яких виконуються розвороти. Невірно виконані повороти збільшують холостий шлях агрегату до десятків кілометрів за сезон, збільшують поворотні смуги, і за частіше знижують і якість роботи. Кінематичний аналіз руху машино-тракторного агрегату (МТА), окрім інших задач, включає визначення траєкторій руху окремих точок, ланок і агрегату в цілому, а також визначення їх лінійних і кутових швидкостей і прискорень [1].

Дослідження складних криволінійних траєкторій, наприклад, розворотів машин і агрегатів, потребує вирішення деяких спеціальних задач. Однією з таких є як правильно розташувати центр колової траєкторії грушоподібного розвороту МТА. Так, при переході від входу в поворот до руху по коловій траєкторії необхідно визначити радіус кола і правильно розташувати його центр. На рис. 1 побудована лінія центрів кривизни траєкторії входу в лівий поворот, координати якої в системі координат $x_i y_i$ можна визначити за формулами (1), а перерахунки їх у загальну систему координат $x y$ виконати за формулами (2):

$$\begin{cases} x_{\omega i} = x_i - R \sin(\alpha + \varphi) = x_i - \frac{\ell}{\alpha} \sin(\alpha + \varphi); \\ y_{\omega i} = y_i + R \cos(\alpha + \varphi) = y_i + \frac{\ell}{\alpha} \cos(\alpha + \varphi). \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} x_{\omega} = x_{oi} + x_{\omega i} \cos \theta - y_{\omega i} \sin \theta; \\ y_{\omega} = y_{oi} + y_{\omega i} \cos \theta + x_{\omega i} \sin \theta. \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_{\omega} = x_{oi} + \left[x_i - \frac{\ell}{\alpha} \sin(\alpha + \varphi) \right] \cos \theta - \left[y_i + \frac{\ell}{\alpha} \cos(\alpha + \varphi) \right] \sin \theta; \\ y_{\omega} = y_{oi} + \left[y_i + \frac{\ell}{\alpha} \cos(\alpha + \varphi) \right] \cos \theta + \left[x_i - \frac{\ell}{\alpha} \sin(\alpha + \varphi) \right] \sin \theta. \end{cases} \quad (2)$$

Ці формули справедливі для ділянок входу і виходу як лівого, так і правого поворотів. Всі величини підставляються сюди з урахуванням їх знаків: x_i, y_i – поточні координати точок траєкторії входу в правий поворот і відповідні їм радіуси кривизни; θ – кут повороту системи координат, в якій побудована траєкторія, відносно початкової системи координат $x y$; φ і α – поточний кут повороту корпусу трактора в системі $x_i y_i$ і відповідний йому курсовий кут; x_{oi}, y_{oi} – координати початку системи координат $x_i y_i$ (точка O_i) в системі координат $x O y$.

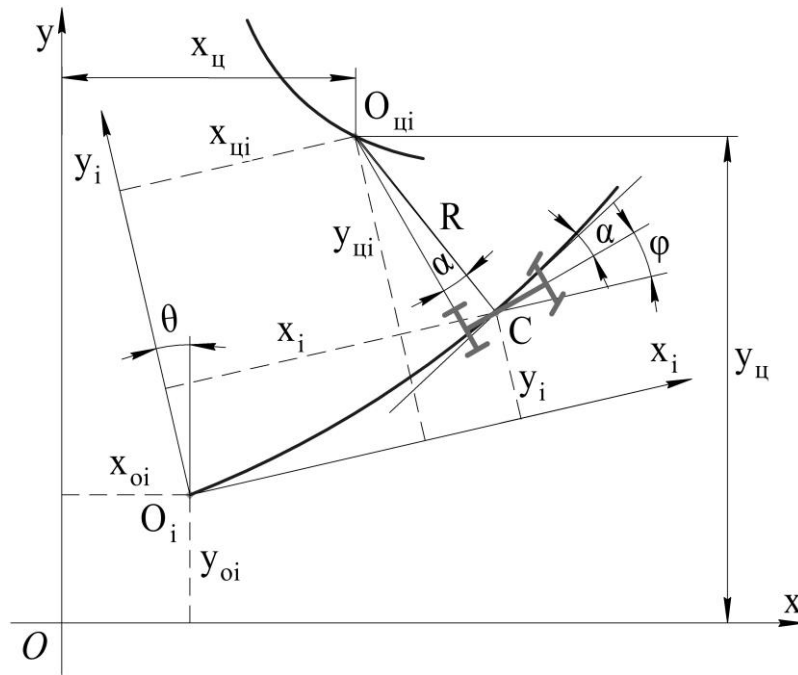


Рисунок 1 – До визначення координат ліній миттєвих центрів кривизни траєкторії входу в поворот.

Аналітичний спосіб визначення координат центру кривизни. Визначити координати центра кривизни колової траєкторії можна також аналітичним способом. Для цього треба прирівняти нулю друге рівняння системи (2), що означає $y_u = 0$ (рис. 2) і знайти час t , який відповідає положенню миттєвого центра кривизни на осі Ox . Потім підставити знайдене значення t в перше рівняння системи (2) і визначити абсцису x_u .

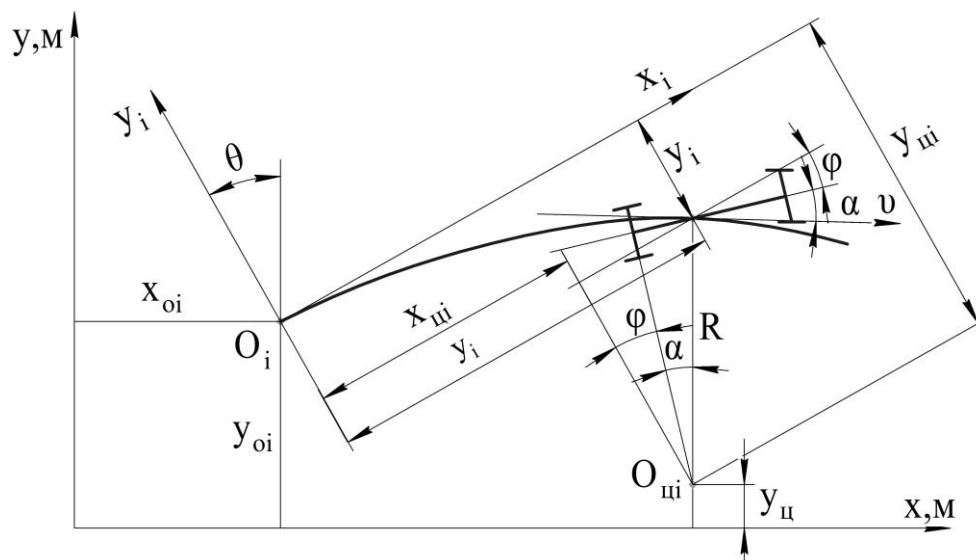


Рисунок. 2. – До визначення положення миттєвого центра кривизни колової траєкторії.

Для прикладу було розглянуто петлевидний розворот трактора МТЗ-80 з культиватором-рослинопідживлювачем КРН-4,2 з шириною захвату $2a = 4,2$ м і мінімальним радіусом повороту $R_{\min} = 5,2$ м. Швидкість руху по криволінійній траєкторії $v = 5 \dots 10$ км/год $\approx 1,3 \dots 2,6$ м/с. Це один з розворотів з великою довжиною траєкторії, що

потребує значних розмірів розворотної полоси (до 12 м). Мета дослідження: за рахунок реалізації оптимальних за витратою часу кінематичних режимів руху і параметрів траєкторії визначити мінімально можливий час розвороту і у такий спосіб збільшити продуктивність агрегата в залежності від довжини робочого гону.

Загальна траєкторія петлевидного розвороту трактора МТЗ-80 з культиватором КРН-4,2 (рис. 3) побудована з урахуванням усіх вимог, поставлених умовами задачі. Довжина повного шляху розвороту $S = 34,8$ м. Пошук оптимального вирішення таких задач потребує попереднього дослідження на теоретичному рівні, що майже неможливо без аналітичних рівнянь траєкторії криволінійного руху.

При спряженні траєкторії входу в правий поворот з коловою траєкторією бажано забезпечити в кінці входу в правий поворот вихід в точку з наперед заданими координатами. У нашому випадку це координати $x_k = 7,95$ м і $y_k = 5,15$ м, при яких центр колової траєкторії буде знаходитися на осі Ox , чого потребує вимога симетрії розвороту. Для вирішення цієї задачі у загальному випадку необхідно підставити координати x_k і y_k у рівняння [2] і перерахувати поточні координати (x_i, y_i) довільної системи координат $x_i y_i$ у загальну систему координат $x y$ за формулами (1).

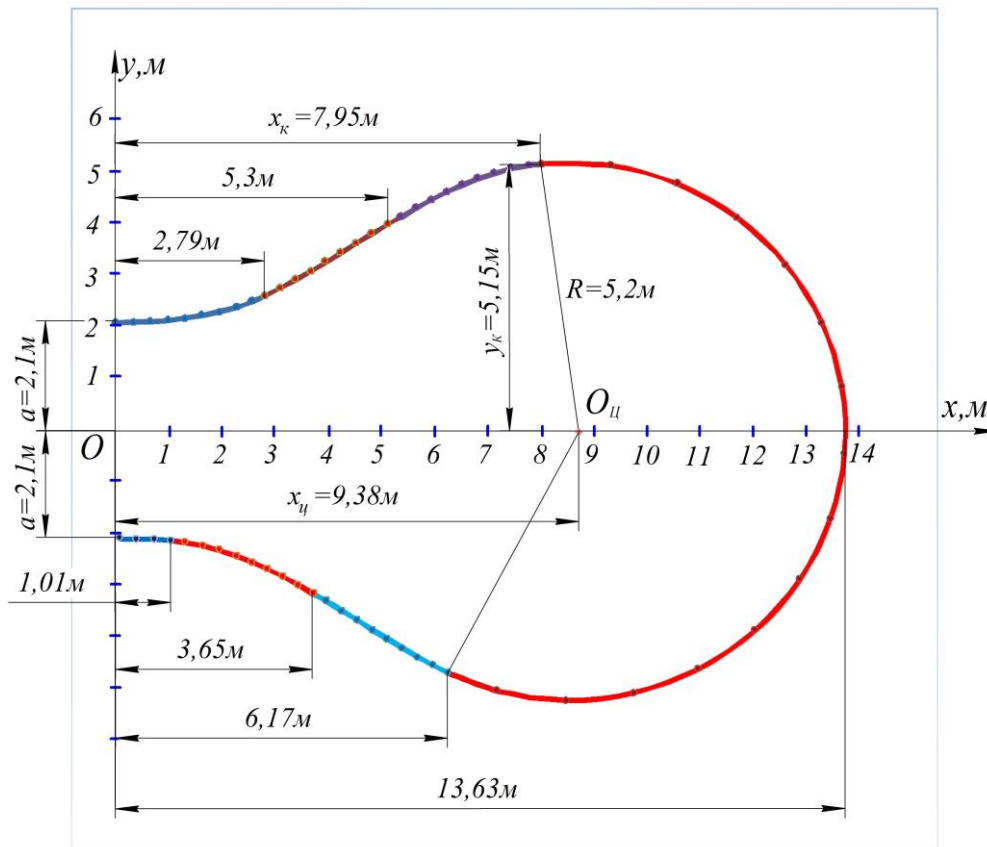


Рисунок 3. – Петлевидний розворот трактора МТЗ-80 з культиватором КРН-4,2.

Література.

1. Беляев А. Н. Исследование кинематики поворота колёсного трактора / А. Н. Беляев, Т. В. Тришина // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (48). – С. 115-120.
2. Мельник В. І. Аналітичний спосіб дослідження криволінійного руху чотирьохколісної машини (Analytical method of examining the curvilinear motion of a four-wheeled vehicle). В. І. Мельник, М. Я. Довжик, Б. Я. Татяненко, О. О. Соларьов, Ю. В. Сіренко // Східно-Європейський журнал передових технологій. Прикладна механіка. Вип. 3, № 7 (87), (2017). С. 59-65.