УДК 631.37

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВОРОТКОСТІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ШИРОКОКОЛІЙНИХ АГРОЗАСОБІВ

Кувачов В.П., к.т.н., доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет
E-mail: kuvachoff@ukr.net

Анотація - Представлено результати дослідження повороткості спеціалізованих ширококолійних агрозасобів для колійної системи землеробства. Отримані рівняння руху ширококолійного агрозасобу на повороті дозволяють оцінити вплив його конструктивних, кінематичних і силових параметрів на критерії статичної та динамічної повороткості.

Ключові слова - колійне землеробства, ширококолійний агрозасіб, повороткість, кінематичні параметри.

Постановка проблеми. Особливістю використання спеціалізованих ширококолійних агрозасобів для колійної системи землеробства є поділ поля на агротехнічну та інженерну зони. Розворот ширококолійних агрозасобів на поворотній смузі може здійснюватися різними способами. Кожен спосіб повороту впливає на кінематику його криволінійного руху. При цьому бажано, щоб непродуктивні витрати енергії на поворот і площа під інженерну зону були якомога меншими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Керування поворотом сучасних моделей спеціалізованих ширококолійних агрозасобів, обладнаних колісним рушієм, адаптовано до ручного або автоматичного режиму і будується за кінематичним або силовим принципом здійснення повороту.

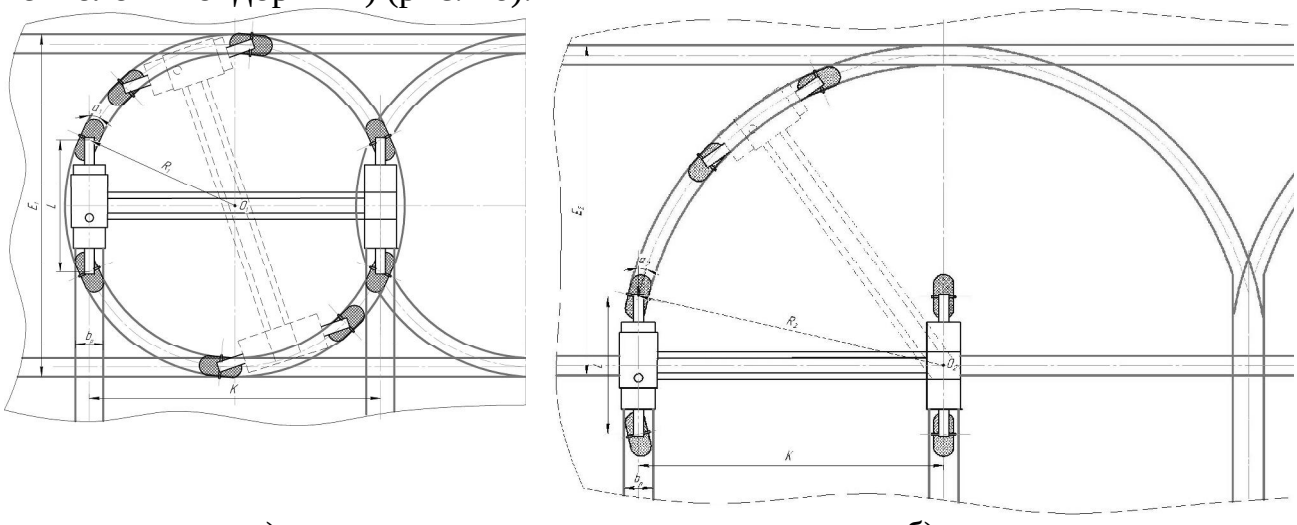
Теорія статичної та динамічної повороткості колісного транспортного засобу достатньо вивчена. Разом з тим, отримані залежності практично не можуть бути використані для аналізу повороткості спеціалізованого ширококолійного агрозасобу. Причина полягає у принциповій різниці його компонувальної схеми та принципів функціонування у координатно-транспортній системі руху, в якій машини можуть рухатися лише у двох взаємно-перпендикулярних напрямках.

Мета досліджень. Обґрунтування кінематичних і силових параметрів руху спеціалізованого ширококолійного агрозасобу на повороті шляхом розробки теоретичних основ його статичної та динамічної повороткості.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження, синтез конструктивних схем і параметрів спеціалізованого ширококолійного агрозасобу здійснювався шляхом моделювання на ПК умов його функціонування. В основу методів дослідження покладені методи теоретичної механіки, теорії трактора та експлуатації сільськогосподарських агрегатів, з використанням пакету Mathcad.

Основна частина. Розглянемо дві схеми повороту спеціалізованого ширококолійного агрозасобу (рис. 1) кінематичні параметри якого залежать від конструктивно-технологічних параметрів (колісної бази, ширини колії,

максимальних кутів повороту керованих коліс, швидкості їх обертання, швидкості руху, характеристик шин тощо). Згідно першої схеми, яка отримала найбільше поширення серед сучасних зразків ширококолійних агрозасобів, поворот здійснюється рухом всіх керованих коліс агрозасобу навколо центру повороту, розміщеного в центрі симетрії його шасі (рис. 1а). Відповідно до другої схеми, запропонованої нами, розворот агрозасобу здійснюється поворотом платформи шасі керованими колесами з одного його борту навколо центру повороту, розміщеного в центрі міжколісного простору з іншого борту (тут колеса при повороті можуть залишатися в межах своєї транспортно-технологічної доріжки) (рис. 1б).



а) б)

Рис. 1 - Схеми розвороту спеціалізованого ширококолійного агрозасобу навколо центру повороту, розташованого в центрі симетрії шасі (а) і в центрі міжколісного простору одного з бортів (б)

Технічно реалізувати запропоновану нами схему повороту ширококолійного агрозасобу (рис. 1 б) можна як мінімум двома способами: кінематичним поворотом платформи керованими колесами з одного борту за допомогою шарнірного поворотного механізму, розташованого в центрі міжколісного простору з іншого боку; кінематично-силовим розворотом шляхом вивішування одного його борту з допомогою підйомних механізмів.

Проаналізуємо вплив основних конструктивних параметрів спеціалізованого ширококолійного агрозасобу на кінематичні характеристики повороту двох розглянутих схем (рис. 1). Основні конструктивні параметри ширококолійного агрозасобу представимо узагальненим характеристичним параметром μ, чисельно рівним відношенню його колісної бази L до ширини колії K, що, як правило, не перевищує 1:

$$\mu = \frac{L}{K} \leq 1. \qquad (1)$$

В результаті теоретичних досліджень встановлено, що при збільшені характеристичного параметра μ ширококолійного агрозасобу збільшується ширина поворотної смуги. Але ступінь і інтенсивність такого впливу для розглянутих схем повороту різна. Так, із збільшенням μ до 1 ширина поворотної смуги для найбільш поширеною першої схеми повороту на 30%

більша, ніж для запропонованої нами іншої схеми. І якщо величина μ сучасних моделей ширококолійних агрозасобів не перевищує μ<0,5, то збільшення ширини поворотної смуги за схемою на рис. 1б не перевищує 3% від бажаної. Такий результат знаходиться в межах допустимого стійкого руху спеціалізованого агрозасобу. У той час як організація повороту за розповсюдженою схемою на рис. 1а вимагає в такому випадку збільшення ширини поворотної смуги до 12%, що не є бажаним з позиції оптимального землекористування. Тому, з цієї точки зору, організація повороту спеціалізованого ширококолійного агрозасобу за запропонованою нами схемою на рис. 1б є більш доцільною.

Для отримання характеристик статичної повороткості розглянемо круговий рух плоскої моделі ширококолійного агрозасобу навколо центру повороту (т. O) (рис. 2) з постійною кутовий швидкістю $\omega = \text{const}$, $\dot{\omega} = 0$. Керовані колеса одного з його бортів (в даному випадку – лівого) повернуті на кути α_1 і α_2. З ширококолійним агрозасобом жорстко зв'яжемо рухому систему координат xSy, початок якої помістимо в центр мас його лівого борту (т. S). Вісь x направимо паралельно до поздовжньої осі агрозасобу, а її позитивний напрямок направимо в бік руху.

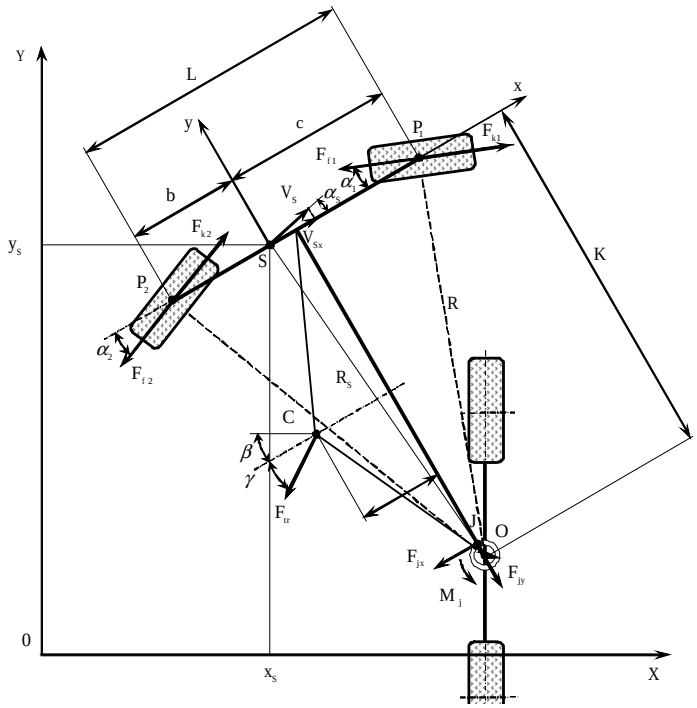


Рис. 2 – Еквівалентна схема повороту (правостороннього) спеціалізованого ширококолійного агрозасобу

В режимі повороту на ширококолійний агрозасіб діють низка відповідних сил. В першу чергу, це рушійні сили передніх і задніх керованих коліс (у нашому випадку – лівих) F_{k1} і F_{k2} та сили опору кочення F_{f1} і F_{f2}, які прикладені в їх центрі (т. P_1 і P_2) та сила інерції. Для здійснення подальших дій саме в цих точках доцільно розмістити розділену на дві частини (m_1 і m_2) масу m_b, що припадає на лівий борт агрозасобу. Вплив опору робочих органів його технологічної частини представимо головним вектором F_{tr}, який прикладений в центрі опору (т. C), напрям дії якого на повороті складає з поздовжньою віссю агрозасобу кут γ. Реакції, які виникають в шарнірному поворотному механізмі агрозасобу, представимо силами F_{jx} і F_{jy}, прикладеними в т. J, а також моментом опору M_j.

Рівняння руху ширококолійного агрозасобу, що описують статичну повороткість, відносно рухомої системи координат xSy представимо наступною системою відомих залежностей кінетостатики:

$$\left.\begin{aligned} m_b a_{Sx} &= \sum F_{xj}; \\ m_b a_{Sy} &= \sum F_{yj}; \\ M_R &= \sum M_{Si}, \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

де a_{Sx}, a_{Sy} – прискорення центра мас S вздовж осей x і y рухомої системи координат; $\sum F_{xj}$, $\sum F_{yj}$ – сума проекцій j-тих сил на осі x і y рухомої системи координат; M_R – сумарний момент опору повороту; $\sum M_{Si}$ – сума i-тих моментів відносно центра мас S.

Для дослідження динамічної повороткості ширококолійного агрозасобу скористаємося розрахункової схемою на рис. 2. Його рух будемо розглядати в нерухомій системі координат X0Y, пов'язаної з площиною поворотної смуги. Це дозволяє описати рух агрозасобу трьома незалежними узагальненими координатами x_S, y_S, β, де x_S, y_S – координати центру мас при русі в нерухомій системі координат X0Y; β – кут між осями абсцис рухомої і нерухомої системи координат.

Рівняння пласко-паралельного руху ширококолійного агрозасобу, які описують його динамічну повороткість, відносно нерухомої системи координат X0Y представимо відомими залежностями:

$$\left.\begin{aligned} m_b \ddot{x}_S &= \sum F_{Xj}; \\ m_b \ddot{y}_S &= \sum F_{yj}; \\ J_{zS} \ddot{\beta} &= \sum M_i, \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

де $\ddot{x}_S$ – прискорення центра мас S вздовж осі X нерухомої системи координат; $\ddot{y}_S$ – прискорення центра мас S вздовж осі Y нерухомої системи координат; J_{zS} – момент інерції відносно вертикальної осі z (т. S); $\ddot{\beta}$ – кутове прискорення агрозасобу на повороті.

Висновки. 1. Запропонована нова схема розвороту спеціалізованого ширококолійного агрозасобу на поворотній смузі, шляхом повороту його шасі керованими колесами з одного борту навколо центру, розташованого в центрі міжколісного простору з іншого борту, дозволяє одночасно з поворотом переміщати агрозасіб на наступну робочу позицію з кращими кінематичними параметрами. При цьому покращення характеристик повороткості досягається при такому конструктивному виконанні ширококолійного агрозасобу, коли відношення його колісної бази до ширини колії є якомога меншим.

2. Отримані рівняння руху спеціалізованого ширококолійного агрозасобу для запропонованої нової схеми повороту дозволяють оцінити вплив його конструктивних, кінематичних і силових параметрів на критерії статичної та динамічної повороткості. Правильний вибір значень вказаних параметрів, з позиції необхідної повороткості, забезпечить рух спеціалізованого ширококолійного агрозасобу при повороті в оптимальному режимі і зменшує непродуктивні втрати енергії та площу поля під інженерну зону.