

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Бондар А.М., к.т.н.

Латоша В.В., магістр

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

Одним з головних напрямків підвищення продуктивності тракторів в сільському господарстві є максимальне використання їх тягово-потужнісних властивостей. Це можливо тільки при збільшенні робочих швидкостей енергетичного засобу. Однак робота на підвищених швидкісних режимах призводить до погіршення стабільності технологічних процесів в зв'язку зі збільшенням чутливості рульового управління, так як зі збільшенням швидкості МТА (машинно-тракторного агрегату) необхідно збільшувати і передавальне відношення рульового механізму, а зі зменшенням швидкості, відповідно, зменшувати.

На сьогоднішній день відсутня така сільськогосподарська техніка, рульове управління якої повністю відповідало б цим вимогам. Тому актуальними є дослідження, спрямовані на створення рульових управлінь сільськогосподарських МТА, що працюють на підвищених швидкісних режимах і забезпечують адаптивність передавального відношення рульового механізму в залежності від швидкості руху.

Маневреність МТА є важливим експлуатаційним властивістю колісної машини, яка визначає ефективність використання і безпеку руху [1-6].

Максимальний кут повороту керуючих коліс зазвичай не перевищує $40 \dots 55^\circ$. Максимальний кут повороту рульового колеса в кожному сторону в існуючих конструкціях рульових управлінь становить $1,5 \dots 3,0$ оборотів [7].

Ставлення кута повороту рульового колеса до кута повороту керуючих коліс називається передавальним відношенням рульового механізму. Практикою встановлено, що воно знаходиться в наступних межах [7]:

- для автомобілів незалежно від наявності гідропідсилювача $20,0 \dots 23,5$;
- для легкових автомобілів $17,0 \dots 18,2$;
- для тракторів $12,0 \dots 19,0$.

Варто сказати, що рульові управління з постійним передавальним числом не завжди задовольняють умовам маневреності, так як умови руху по прямій і при повороті з різним радіусом кривизни суттєво відрізняються. Тому необхідно прагнути розробляти такі схеми

рульових управліннь, у яких передавальне число рульового механізму буде адаптивним.

З цією метою було проаналізовано переміщення МТА уздовж базової лінії на базі «велосипедної моделі» (рис.1) [2]:



Рис. 1. Схема переміщення МТА уздовж базової лінії

L - довжина колісної бази трактора; α_1 - кут повороту передніх керуючих коліс; α_2 - поточне значення курсового кута остова трактора; Y_1, Y_2 - поточне значення відхилень від базової лінії переднього і заднього коліс трактора відповідно; Δx - крок квантування моделі по переміщенню

Наведена схема переміщення МТА уздовж базової лінії дає можливість розробити математичну модель адаптивного рульового управління. Дискретна математична модель традиційного рульового управління в даному випадку має вигляд [1-7]:

$$\begin{cases} \alpha_{1i} = \frac{\alpha_i}{W}; & \Delta x = V_i \cdot \Delta t; \\ \alpha_{2i} = \frac{(Y_{1i-1} - Y_2)}{L}; \\ Y_{1i} = Y_{1i-1} + (\alpha_{2i} + \alpha_{1i} + \delta_i) \cdot \Delta x; \\ Y_{2i} = Y_2 + \alpha_{2i} \cdot \Delta x \end{cases} \quad (1)$$

де V - швидкість руху МТА, м/с;

W - передавальне відношення рульового механізму;

Δt - крок квантування за часом (0,05 с);

δ - значення кута уводу еластичних шин, рад.

Під час руху машинно-тракторний агрегат відхиляється від заданої траєкторії в результаті впливу на нього зовнішніх факторів, що вливають. Це призводить до того, що оператору постійно доводиться виконувати коригувальні дії рульовим колесом. При адаптивній схемі рульового управління передавальне відношення розраховується наступним чином:

$$W_i = W \left(1 + \frac{V}{V_0} \right) \quad (2)$$

де V_0 - рекомендована швидкість руху МТА при виконанні сільськогосподарських операцій (const), м/с.

З огляду на рівняння (2), систему (1) можливо записати в наступному вигляді:

$$\begin{cases} \Delta x = V_i \cdot \Delta t; \\ W_i = W \left(1 + \frac{V_i}{V_0} \right); \\ \alpha_{1i} = \frac{\alpha_i}{W_i}; \\ \alpha_{2i} = \frac{(Y_{1i-1} - Y_2)}{L}; \\ Y_{1i} = Y_{1i-1} + (\alpha_{2i} + \alpha_{1i} + \delta_i) \cdot \Delta x; \\ Y_{2i} = Y_2 + \alpha_{2i} \cdot \Delta x. \end{cases} \quad (3)$$

Аналіз роботи МТА свідчить про необхідність застосування рульового управління в якому передавальне відношення рульового механізму зможе змінюватися в залежності від умов роботи.

Список літератури

1. Бондар А.М., Петров В.О., Чаусов С.В., Новик О.Ю. Автоматизація систем рульового керування для прецизійного управління мобільними машинами. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. Вип. 6. Херсон, 2018. С 85-95.
2. Бондар А.М. Метод контролю системи управління колесної машини з целью забезпечення ефективної роботи. *Motrol. Lublin*. 2016. Vol. 17, No9. P. 13-17.
3. Бондар А.М. Пути підвищення якості відстеження траєкторії мобільних машин. *Motrol. Lublin*. 2015. Vol. 17, No9. P.3-8.
4. Бондар А.М., Приступа О.В. Дослідження конструкцій механічних рульових керувань з перемінним передаточним відношенням. *Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції магістрантів і студентів ТДАТУ*. 2018. С. 20-22.
5. Журавель Д.П. Методологія підвищення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. ТДАТУ. Мелітополь, 2018. 44 с.
6. Журавель Д.П., Новик О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. *Триботехніка*. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.
7. Журавель Д.П. Оцінка зносу трибоспряжень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.