

ПІДВИЩЕННЯ МАНЕВРНОСТІ КОМБІНОВАНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ ПРИ ЗМІННОМУ ПОЛОЖЕННІ ЦЕНТРА МАС

Макаренко М. Г., доц., Макаренко О. М. інж., Томілін Ю.І., студ.
*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка*

Наводяться результати досліджень по підвищенню маневрених якостей комбінованих сільськогосподарських агрегатів на базі трактора з використанням переднього та заднього начіпних пристроїв.

Вступ. Проблема підвищення маневреності машинно-тракторних агрегатів (МТА) тісно пов'язана з вдосконаленням силової взаємодії сільськогосподарської машини і трактора при різних схемах навішування. При раціональному агрегуванні трактора доцільно перерозподілити вагу (або частину ваги) технологічної машини між осями трактора з метою забезпечення близького до оптимального розподілу навантажень між ведучими, керованими та опорними колесами агрегату.

Відомо, що продуктивність МТА в значній мірі залежить від використання прогресивних прийомів агрегування енергетичного засобу (ЕЗ) (трактора) з технологічними модулями (ТМ) (сільськогосподарськими машинами), з метою забезпечення високих експлуатаційних показників МТА при виконанні заданих функцій.

В останні роки в світовому машинобудуванні спостерігається широке використання комбінованих машинно-тракторних агрегатів (МТА), побудованих на базі ЕЗ з монтажем ТМ на його передньому і задньому начіпних пристроях та безпосередньо на самому ЕЗ. Вони за один прохід по полю виконують декілька технологічних операцій, що є перспективним і економічно доцільним, оскільки зменшується число проходів МТА по полю і, відповідно, зменшується витрата палива на одиницю вирощеної продукції та менше ущільнюється ґрунт. Однак, при такому агрегуванні, суттєво змінюються не тільки габарити МТА, а і спостерігається зміщення центру мас МТА.

При цьому змінюються маневрові властивості КСГА, що впливають на ефективність його використання. Дані експлуатаційні властивості в значній мірі залежать від положення центру мас і моментів інерції, які впливають на перерозподіл навантаження між опорними колесами і, відповідно, на їх зчеплення з ґрунтом, деформацію і відведення шин.

Аналіз публікацій. Дослідженню питань маневреності колісних машин та проведенню аналізу впливу маневреності на продуктивність, встановленню тенденцій розвитку відповідних технічних засобів неодноразово розглядалось провідними вченими. Так приводяться і аналізуються визначення властивості

маневреності (М) у формулюваннях Е.А. Чудакова, А.М. Ляпунова, В.В. Гуськова, Л.В. Смірнова, А.Е. Фаробіна [1, 2] і ін. Розглянуті основні показники і характеристики руху, що визначають співвідношення параметрів машин, які забезпечують стійкість руху по заданій траєкторії.

В роботах М. А. Подригало, В.П. Волкова, О.А. Бобошко проведений аналіз зчіпних властивостей автомобільних шин з опорною поверхнею [3, 4]. Вказані автори відзначають залежність коефіцієнта зчеплення від тиску в контакті і дотичної напруги в площині контакту, а також розглядають зв'язок коефіцієнта зчеплення з напругою елементів шини в контакті.

Беручи до уваги узагальнене формулювання поняття маневреності, як властивості машини витримувати задані через рульовий механізм курсовий напрям і траєкторію, слід зазначити, що чисельних оцінок і методу їх визначення, що безпосередньо характеризують точність траєкторії КСГА не існує. Це затрудняє попереднє прогнозування маневреності на етапах розробки рекомендацій по створенню на базі ЕМ КСГА з монтажем ТМ на його передньому і задньому начіпних пристроях та безпосередньо на самому ЕЗ.

Мета і постановка задачі. Метою роботи є дослідження проблеми підвищення маневреності комбінованих сільськогосподарських агрегатів раціональним агрегуванням.

Вирішення задачі. Силова дія ТМ на ЕМ досить складна і різноманітна: на ЕМ частково або повністю передається сила ваги навішеного ТМ і реактивний опір ґрунту, що діє його на робочі органи. За інших рівних умов силова дія ТМ залежить від місця його розташування відносно ЕМ, способу зв'язку з ЕМ і методу регулювання його положення. Зміна характеру навантаження, що діють на ходову частину ЕМ може позначатися як позитивно, так і негативно на основних показниках агрегату в забезпеченні якісного виконання робочого процесу при заданих показниках продуктивності: стійкості руху, керованості, плавності ходу, тягово-зчіпних властивостях і, таким чином, визначати в цілому її ефективність.

Вхід в поворот МТА є найвідповідальнішим моментом здійснення маневру. Здатність колісного агрегату входити в поворот, тобто реагувати на управляючу дію, є характеристикою керованості. Керованість колісного агрегату оцінюється, як правило, по величині кутового прискорення в площині дороги, що виникає при повороті керованих коліс [3]. Кутове прискорення виникає у випадку, якщо момент, що повертає, буде більшим моменту опору повороту. Введено поняття коефіцієнта керованості колісної машини, що є відношенням моменту, що повертає, до моменту опору повороту. В початковий момент часу здійснення повороту цей коефіцієнт (якщо він більше одиниці) показує, що колісний агрегат здатний увійти в поворот. Таким чином, за допомогою вказаного коефіцієнта виникла необхідність дослідити вплив положення центру мас комбінованого МТА на його керованість.

На основі аналізу виконання технологічного процесу КСГА розроблено інформаційно-розрахункову схему (рис.1), де роль вхідних змінних виконують зовнішні некеровані X (умови роботи), керовані U (технологічні режими роботи) та функціональні Z (параметрично-технологічна структура машини)

чинники, а вихідних Y – сукупність параметрів, що визначають якість роботи та витрати енергії. Таку модель КСГА можна записати у параметричній формі:

$$Y\{y_1(t), y_2(t), y_3(t), y_4(t)\} = F[X\{x_1, x_2(t), x_3(t)\}, U\{u_1, u_2(t), u_3(t)\}, Z\{\{M\}, \{K\}\}], \quad (1)$$

де: $y_1(t), y_2(t), y_3(t), y_4(t)$ – вихідні параметри тягового опору R ;
 $x_1, x_2(t), x_3(t)$ – вхідні параметри, відповідно, питомого опору N , твердості T та вологості W ґрунту;
 $u_1, u_2(t), u_3(t)$ – вхідні параметри;
 M – модулі КСГА;
 K – структура модулів.

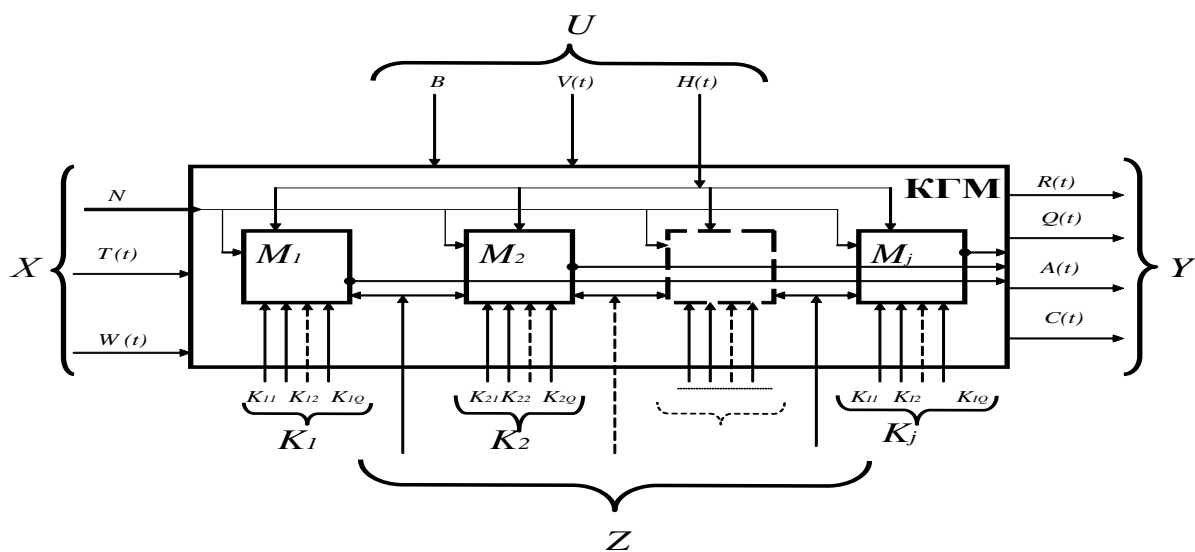


Рис. 1 – Параметрична інформаційно-розрахункова схема КСГА

Задачу синтезу КСГА у повному обсязі теоретично вирішити складно через невизначеність взаємозв'язків різних типів ТМ, режимів і умов їх роботи. Тому, поєднавши задачу синтезу із задачею оптимізації стосовно встановлених умов і потрібних результатів роботи ($y_1, y_4 \rightarrow \min$; $y_2, y_3 \rightarrow \text{opt}$), на підставі формули (1) функціонально-параметрично-структурну організацію машини запишемо у такому вигляді:

$$Z = F[Y, X, U]. \quad (2)$$

Із формул (1) і (2) видно, що розкриття суті технологічного процесу роботи КСГА пов'язано з конкретизацією параметрів технологічної структури КСГА, взаємозв'язків та взаємодії робочих органів; встановленням технологічних режимів роботи машини; дослідженням впливу всіх перелічених чинників на результат його роботи.

Кочення коліс ЕМ КСГА пов'язано з утворенням колії, таким чином до бічного відведення додається зсув через деформацію ґрунту, тобто окрім

відведення через пружну деформацію шин має місце відведення унаслідок пресування бічної стінки коліи.

Відхилення дійсної траєкторії руху МТА від заданої унаслідок деформації і зминання ґрунту може перевищувати відхилення через пружність шин. Тому доцільно досліджувати бічне ковзання коліс ЕМ як функцію зчіпних властивостей. При цьому слід розглянути буксування, юз і бічне ковзання як проковзування у різних напрямках щодо контакту шини з опорною поверхнею. З метою визначення зв'язку бічного ковзання із зчіпними властивостями, доцільно розглядати поворот КСГА, як сталий.

Оскільки направляючі колеса ЕЗ мають пневматичні шини, окрім ковзання має місце і бічне відведення. Сумарну дію деформацій ґрунту і бічного відведення шин назвемо бічним ковзанням.

$$\varepsilon = v_{\bar{o}} / v_T,$$

де: $v_{\bar{o}}$ – швидкість бічного зсуву точки в результаті ковзання коліс;
 v_T – теоретична швидкість тієї ж точки.

Відхиляючий момент залежить від положення центру мас і відповідно нормальних реакцій коліс. Навіть на горизонтальній твердій поверхні при сталому повороті унаслідок пружного відводу виникає відхиляючий момент, що вимагає компенсації додатковим повертанням коліс.

Кути відведення пов'язані з геометричними співвідношеннями схеми побудови КСГА і кінематичними параметрами агрегату.

$$\left. \begin{aligned} \delta_n &= \operatorname{tg} \alpha - \frac{\ell_{\bar{o}} + \frac{\ell_n}{\cos \alpha} + X}{R}; \\ \delta_{\bar{o}} &= \frac{X}{R}. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Вирішення рівняння (3) після ряду перетворень приводить до отримання формул, що визначають основні параметри статичної повертаємості КСГА

Зсув полюса повороту

$$X = \frac{K_{yn} K_{\alpha} \left(\ell_{\bar{o}} + \frac{\ell_n}{\cos \alpha} \right) M_c}{K_{yn} K_{y\bar{o}} (\ell_n + K_{\alpha} \ell_{\alpha}) \operatorname{tg} \alpha - M_c (K_{yn} K_{\alpha} + K_{y\bar{o}})}. \quad (4)$$

Радіус повороту

$$R = \frac{K_{yn} K_{y\bar{o}} \left(\ell_{\bar{o}} + \frac{\ell_n}{\cos \alpha} \right) (K_{\alpha} \ell_{\bar{o}} + \ell_n)}{K_{yn} K_{y\bar{o}} (\ell_n + K_{\alpha} \ell_{\alpha}) \operatorname{tg} \alpha - M_c (K_{yn} K_{\alpha} + K_{y\bar{o}})}, \quad (5)$$

де: $K_{\alpha} = \frac{K_G + \cos \alpha}{1 + \cos \alpha}$ и $K_G = \frac{P_n}{P_{\bar{o}}} = \frac{G_n}{G_{\bar{o}}}$.

зчленовані блочно-модульні агрегати будь-якої комплектації в реальних межах можливих співвідношень геометричних і вагових параметрів по статичній маневровості майже рівноцінні. Відмінність має місце по додатковому параметру - приросту ширини колії при повороті, що і слід враховувати при комплектуванні блочно-модульного КСГА.

Раціональним перерозподілом зчпної маси від встановлених ТМ між передньою та задньою осями з'являється можливість забезпечити покращення маневрових якостей КСГА.

Отримана методика може бути використана для забезпечення заданих показників маневреності як на стадії проектування, так і при експлуатації.

Список використаних джерел

1. Литвинов, А.С. Некоторые вопросы динамики неустановившегося поворота автомобиля [Текст] / А.С. Литвинов, Ю.М. Немцов, В.С. Волков // Автомобильная промышленность. – 1978.– № 3. – С. 20-22.
2. Фаробин, Я.Е. Теория поворота транспортных машин [Текст] / Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение, 1970. – 176 с.
3. Подригало, М.А. Синтез законов рационального управления поворотом колесной машины [Текст] / М.А. Подригало, А.А. Бобошко // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. – Вып. 15-16. – Харьков: Изд-во ХНАДУ. - 2001. – С. 143-145.
4. Подригало, М., Гречко Л., Бобошко О. Підвищення маневреності колісних тракторів [Текст] / М. Подригало, Л. Гречко, О. Бобошко // Машинознавство. – 1999. – № 10. – С. 55-58.

Аннотация

ПОВЫШЕНИЕ МАНЕВРЕННОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ПЕРЕМЕННОМ ПОЛОЖЕНИИ ЦЕНТРА МАСС

Макаренко Н., Макаренко А., Томилин Ю.

Приводятся результаты исследований по повышению маневренных качеств комбинированных сельскохозяйственных агрегатов на базе трактора с использованием переднего и заднего навесных устройств.

Abstract

IMPROVED MANEUVERABILITY COMBINATION OF AGRICULTURAL UNITS FOR VARIABLE THE CENTER OF MASS

N. Makarenko, A. Makarenko, Yu. Tomilin

The results of research to improve its maneuverability combined agricultural units on the basis of a tractor with front and rear outboard devices.