

УДК 631.372

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ТОЧНОСТІ РУХУ САМОХІДНОГО ШАСІ ТИПУ Т-16МГ

С.П. Погорілий, канд. техн. наук
Національна академія аграрних наук України.

Наведено динамічне моделювання руху самохідного шасі з технологічним модулем. Визначено вплив основних конструкційних параметрів технологічного модуля на самохідне шасі під час руху.

Ключові слова: моделювання руху, самохідне шасі, конструкційні параметри, технологічний модуль.

Проблема. Для визначення впливу конструкційних параметрів технологічного модуля (ТМ) на динамічні властивості СШ під час руху необхідно скласти математичну модель, яка опише рух СШ з ТМ у горизонтальній площині і дасть можливість оцінити показники точності руху машинно-тракторного агрегату на різних фонах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення впливу основних параметрів ТМ на точність руху СШ Т-16МГ розглядалось, як реакція на вхідні керуючий та збурюючий впливи. При цьому реакція СШ на керуючий вплив буде характеризувати його керованість, а на збурюючий – стійкість руху [1-3]. Даний підхід дає можливість розглядати СШ у якості динамічної системи, яка перетворює вхідні параметри у вихідні під час його руху. У якості збурюючого впливу було прийнято навантаження на передню вісь (Y_n) та швидкість руху СШ (V_0), а керуючого впливу – кут повороту керованих коліс СШ (α).

Вихідними змінними параметрами, що задають траєкторію руху СШ є поперечне зміщення центра мас СШ (x_c) та кут відхилення його повздовжньої осі від напрямку руху (φ) (див. рис. 1).

Мета досліджень. Теоретично дослідити вплив конструкційних параметрів ТМ та швидкості руху агрегату на динамічні властивості СШ типу Т-16МГ під час руху на різних фонах.

Результати досліджень. Для спрощення написання математичної моделі приймемо спрощену схему у вигляді лінійної моделі [1-3] та приймемо наступні припущення [3, 4]:

- СШ з ТМ розглядається у вигляді твердого тіла, що має вісь симетрії, яка проходить через центр мас;
- швидкість руху під час проведення досліджень змінюється несуттєво, тому приймаємо її постійною;
- бокова взаємодія шин СШ з деформованою поверхнею розглядається в рамках гіпотези «бічного відведення»;
- кут відведення шин коліс СШ, які розташовані на одній геометричній осі, а також бічні сили, що діють на них, приймаємо однаковими;
- кути повороту керованих коліс СШ малі, а отже, вважаємо їх рівними;
- сили і моменти, які прикладені до симетрично (відносно поздовжньої осі СШ) розташованих коліс, попарно рівні й паралельні. Вони можуть бути замінені рівнодіючими подвоєними силами та моментами.

Прийняті спрощення та припущення істотно не вплинуть на точність фактичного розрахунку, однак спростять, у деякій мірі, теоретичні дослідження.

Диференційні рівняння коливань СШ складаємо у формі Лагранжа другого роду [5, 6]:

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial T_m}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T_m}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

де T_m – кінетична енергія системи; q_i – узагальнена координата; Q_i – узагальнена сила; i – кількість узагальнених координат системи.

Згідно з прийнятими припущеннями приймаємо, СШ під час досліджень здійснює відносно нерухомої площини рівномірний поступальний рух зі швидкістю V_0 ($V_0 = \text{const}$).

При розгляді СШ в горизонтальній площині, під час переміщення, можна визначити його положення відносно нерухомої

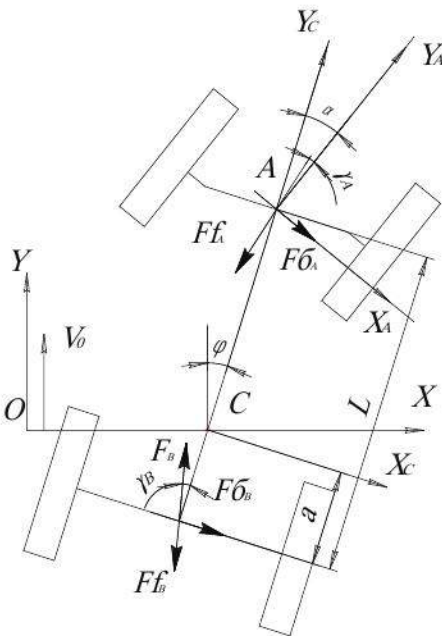


Рис. 1. Схема сил, які діють на СШ у горизонтальній площині

системи XOY за допомогою двох координат: кутом повороту (ϕ), який утворюють повздовжня вісь СШ та вісь OY та зміна координати центра мас СШ (x_c) (рис. 1).

Таким чином, СШ по відношенню до площини XOY має два ступеня вільності, які і було обрано узагальненими координатами.

Кінематичну енергію СШ (T_m) відносно площини XOY знаходимо з виразу [5, 6]:

$$T_m = \frac{M_w \cdot V_c^2 + J_c \cdot \omega_w^2}{2}, \quad (2)$$

де M_w – маса СШ, кг; V_c – лінійна швидкість центра мас СШ в площині XOY , м/с; J_c – момент інерції СШ відносно вертикальної осі CZ , кг·м²; ω_w – кутова швидкість повороту СШ, рад/с.

У диференціальній формі вираз (2) матиме вигляд:

$$T_m = \frac{M_w \cdot \left(\frac{d}{dt} x_c\right)^2 + J_c \cdot \left(\frac{d}{dt} \phi\right)^2}{2} \quad (3)$$

Оскільки кінетична енергія залежить тільки від швидкості і не залежить від узагальненої координати, тоді $\partial T_m / \partial q_i = 0$.

Частинні похідні по швидкостях узагальнених координат дорівнюють:

$$\frac{\partial T_m}{\partial \left(\frac{d}{dt} x_c\right)} = M_w \cdot \left(\frac{d}{dt} x_c\right) \quad (4)$$

$$\frac{\partial T_m}{\partial \left(\frac{d}{dt} \phi\right)} = J_c \cdot \left(\frac{d}{dt} \phi\right) \quad (5)$$

Похідні за часом:
$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial T_m}{\partial \left(\frac{d}{dt} x_c\right)} = M_w \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} x_c\right) \quad (6)$$

$$\frac{d}{dt} \cdot \frac{\partial T_m}{\partial \left(\frac{d}{dt} \phi\right)} = J_c \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \phi\right) \quad (7)$$

Після перетворень система рівнянь (1), з урахуванням перетворень (3 – 7), матиме наступний вигляд:

$$\begin{cases} M_w \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} x_c \right) = Q_{x_c} \\ J_c \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \phi \right) = M_\phi \end{cases} \quad (8)$$

Розрахунок узагальнених сил та моментів, які діють на СШ під час руху, приведено в праці [7].

Підставивши значення узагальнених сил та моментів в систему (8), отримаємо систему диференціальних рівнянь, яка описує руху СШ з ТМ у горизонтальній площині:

$$\begin{cases} M_w \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} x_c \right) = k_B \cdot \left(\phi + \frac{1}{V_0} \cdot \left(a \cdot \frac{d}{dt} \phi - \frac{d}{dt} x_c \right) \right) \cdot (1 + \alpha) + Ff_A \cdot (\gamma_A - \alpha) + \\ + (Ff_B - F_B) \cdot \gamma_B + k_A \cdot \left(\phi + \alpha - \frac{1}{V_0} \cdot \left(\frac{d}{dt} x_c + (L - a) \cdot \frac{d}{dt} \phi \right) \right) \\ J_c \cdot \left(\frac{d^2}{dt^2} \phi \right) = k_A \cdot \left(\phi + \alpha - \frac{1}{V_0} \cdot \left(\frac{d}{dt} x_c + (L - a) \cdot \frac{d}{dt} \phi \right) \right) \cdot (L - a) - \\ - Ff_A \cdot (L - a) \cdot (\alpha - \gamma_A) - F_B \cdot a \cdot \gamma_B + k_B \cdot \left(\phi + \frac{1}{V_0} \cdot \left(a \cdot \frac{d}{dt} \phi - \frac{d}{dt} x_c \right) \right) \cdot a + Ff_B \cdot a \cdot \gamma_B \end{cases}, \quad (9)$$

де k_A, k_B – коефіцієнт опору бічного ведення відповідно передніх та задніх шин коліс СШ, Н/рад; ϕ – кут повороту СШ у горизонтальній площині відносно початкового напрямку руху, рад; V_0 – швидкість руху СШ, м/с; a – відстань від центра мас СШ до заднього моста, м; x_c – поперечне зміщення центра мас СШ, м; α – кут повороту керованих коліс СШ, рад; Ff_A, Ff_B – сила опору кочення відповідно передніх та задніх шин коліс СШ, Н; γ_A, γ_B – кути відведення передніх і задніх коліс СШ, рад; F_B – дотична сила задніх коліс СШ, Н; L – база трактора, м;

Значення параметрів для моделювання руху СШ представлено в праці [7]. Для розрахунків було використано чотири варіанти значень вихідних величин: маса, яка припадає на передню вісь СШ ($M_w = 690$ і 1255 кг, та швидкість руху СШ ($V_0 = 1,53$ і $2,38$ м/с для поля, підготовленого до сівби і $V_0 = 2,82$ і $6,44$ м/с для асфальтобетонної дороги).

Результати моделювання представлено на рис. 2 та 3. Отримані криві відображають характеристику точності руху СШ вздовж базової лінії відповідно на полі, підготовленому до сівби (рис. 2), та на асфаль-

тобетонній дорозі (рис. 3). Характеристика точності руху представлена у функції хвильового числа (k) та аргументу (t), який характеризує розміщення ТМ на СШ [8].

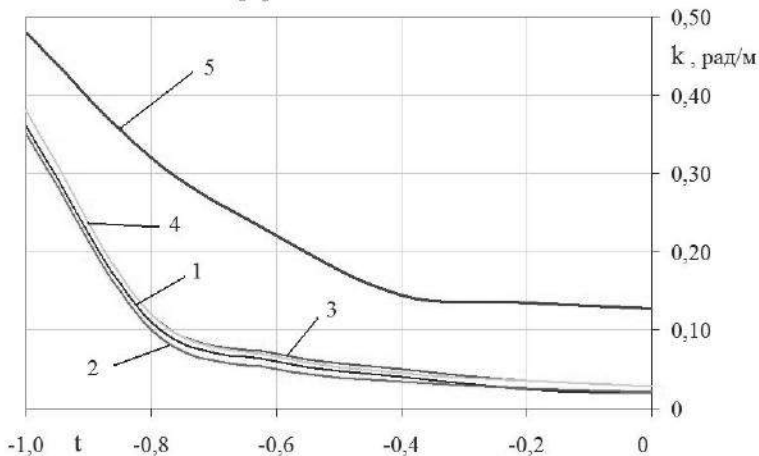


Рис. 2. Характеристика точності руху СШ вздовж базової кривої по полю, підготовленому до сівби: 1 – варіант I; 2 – варіант II; 3 – варіант III; 4 – варіант IV; 5 – граничне значення

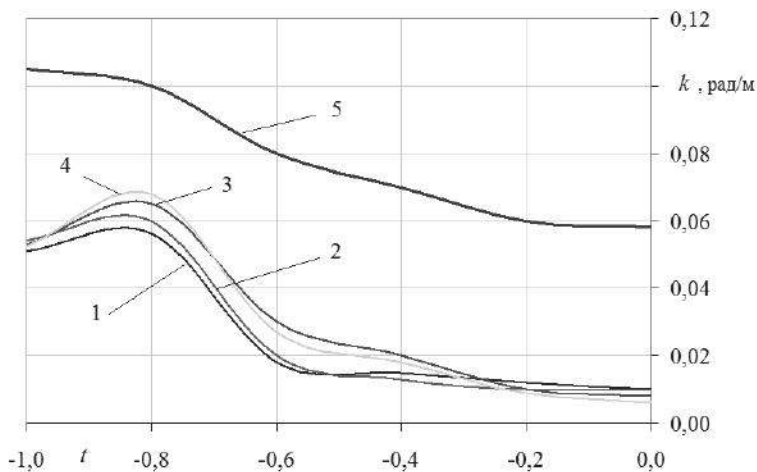


Рис. 3. Характеристика точності руху СШ вздовж базової кривої по асфальтобетонній дорозі: 1 – варіант I; 2 – варіант II; 3 – варіант III; 4 – варіант IV; 5 – граничне значення.

Величина (t) дорівнює відношенню відстані від задньої осі СШ до центра ваги ТМ та бази СШ. В нашому випадку розміщення ТМ відбувається в передній частині СШ, тому значення (t) від'ємні.

Величина (k) показує, яку точність руху забезпечує енергозасіб, тобто, які рядки рослин він може копіювати з заданою точністю. Рядки рослин можна охарактеризувати хвильовим числом [8]. Основна вага гармонічних викривлень рядків рослин характеризується хвильовими числами 0,5 – 0,6 рад/м [8].

Граничне значення допустимої похибки копіювання розраховується, як відношення амплітуди допустимої похибки копіювання ($A_{\text{дон}}=0,03$ м) до амплітуди вхідного сигналу ($a_c=0,2$ м) і становить $A_{\text{дон}}/a_c=0,15$ [8].

Результати моделювання показують, що для поля, підготовленого до сівби, всі криві мають однаковий характер для всіх варіантів значень, це означає, що величини швидкості руху та навантаження на передній міст в обраних межах суттєво не впливають на точність руху СШ. Максимальне значення хвильового числа становить (0,38 рад/м) при ($t = - 1,0$).

Для асфальтобетонної дороги характер кривих дещо відрізняється, але вони близькі між собою. Максимальне значення хвильового числа становить (0,063 рад/м) при ($t = - 0,83$)

Як видно з рисунків 2 та 3, значення всіх кривих знаходяться нижче граничної кривої 5, це означає, що СШ з ТМ, забезпечує точність руху вздовж базової лінії з допустимою похибкою копіювання ($A_{\text{дон}}/a_c=0,15$).

Висновки. Теоретичні дослідження моделювання руху СШ дають можливість отримати розрахункові значення впливу основних конструкційних параметрів ТМ на СШ. Як видно з розрахунків, при навантаженні на передню вісь СШ ($M_w=1255$ кг, при цьому маса ТМ становить 830 кг) та швидкості руху СШ ($V_o=2,38$ м/с для поля підготовленого до сівби і $V_o=6,44$ м/с для асфальтобетонної дороги) забезпечується точність руху вздовж базової лінії з допустимою похибкою копіювання.

БІБЛОГРАФІЯ

1. Лурье А.Б. Широкозахватные почвообрабатывающие машины / А.Б. Лурье, А. И. Любимов. – Л.: Машиностроение, 1981. – 270 с.
2. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – Л.: Колос, 1970. – 376 с.

3. Булгаков В.М. Агрегативання плугів: навчальний посібник / В.М. Булгаков, В.І. Кравчук, В.Т. Надикто. – К.: Аграрна наука. – 2008. – 149 с.
4. Чорна Т.С. Обґрунтування схеми та параметрів просапного агрегату на базі орно-просапного трактора. Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11, ТДАТА. – Мелітополь, 2010. – 25 с.
5. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Изд-во «Наука», 1972. – 478 с.
6. Лурье А.И. Курс теоретической механики / А.И. Лурье, Л.Г. Лойцянский. – М.: Техничко-теоретическая литература, 1955. – Т.2. – 596 с.
7. Погорілий С.П. Обґрунтування параметрів пристрою і начіпних технологічних модулів для агрегативання з мобільним енергетичним засобом: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11; Глеваха, 2012. – 190 с.
8. Шкаровский Г.В. Повышение эффективности использования пропашных агрегатов на базе колесного трактора тягового класса 3 (на примере Т-150К): дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01; Глеваха, 1996. – 297 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОЧНОСТИ ДВИЖЕНИЯ САМОХОДНОГО ШАССИ ТИПА Т-16МГ

Приведены динамическое моделирование движения самоходного шасси с технологическим модулем. Определено влияние основных конструкционных параметров технологического модуля на самоходное шасси во время движения.

Ключевые слова: моделирования движения, самоходное шасси, конструкционные параметры, технологический модуль.

THEORETICAL RESEARCHES OF INDEXES OF EXACTNESS OF MOTION OF SELF-PROPELLED UNDERCARRIAGES OF TYPE OF T-16MG

Are resulted dynamic design of motion of self-propelled undercarriage with the technological module. Influence of basic construction parameters of the technological module is certain on a self-propelled undercarriage during motion.

Key words: design of motion, self-propelled undercarriage, construction parameters, technological module.