

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ ҐРУНТООБРОБНО-ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ДИФЕРЕНЦІАЦІЇ МАСИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЄМНОСТІ

Антощенко Р.В., к.т.н., доц.

*Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка*

В роботі досліджені динамічні складові руху елементів ґрунтообробно-посівного агрегату при диференціації маси технологічної ємності

Вступ. В процесі роботи сільськогосподарського агрегату спостерігається відхилення його траєкторії руху від траєкторії, яка визначається з урахуванням агротехнічних вимог (прямолінійної). Це відбувається внаслідок фізичних і геометричних властивостей опорної поверхні руху. При виконанні всіх технологічних операцій по обробці сільськогосподарських культур спостерігається періодичний вплив оператора агрегату на траєкторію руху. Це виражається за допомогою підкермовування, яке має періодичний характер та викликає коливання елементів агрегату в процесі руху. Одночасно при виконанні технологічної операції сівби змінюється маса технологічної ємності.

Аналіз основних публікацій, досліджень. Дослідження траєкторій руху сільськогосподарських машин і агрегатів проводилися В.П. Горячкіним, П.М. Василенко, А.Б. Лур'є, С.П. Гельфенбейном. Вченими Надикто В.Т., Лебедевим С.А. [1, 2] отримані траєкторії руху сільськогосподарських агрегатів. Дослідження руху сільськогосподарських агрегатів при диференціації маси технологічної ємності раніше не досліджувалось.

Мета та постановка задачі. Метою даної роботи є одержання кутів повороту елементів комбінованого посівного агрегату в складі трактора ХТЗ-150К-09 і сівалки прямої сівби АПП-6 при диференціації маси технологічної ємності.

Вирішення задачі. Для рішення поставленого завдання при складанні динамічної моделі в якості розрахункової схеми була прийнято чотирьох елементна схема. У якості сил діючих на агрегат були прийняті наступні: $T_{3л}, T_{3н}, T_{4л}, T_{4н}$ – окружні зусилля на ведучих колесах трактора; $W_{11}, W_{12}, W_{13}, W_{14}, W_{2л}, W_{2н}$ – сили опору переміщенню першої та другої піврами сівалки; $W_{3л}, W_{3н}, W_{4л}, W_{4н}$ – сили опору переміщенню першої та другої піврами трактора; P_{61}, P_{62} – бічні зусилля в області контакту шин першої та другої піврами сівалки з опорною поверхнею; P_{63}, P_{64} – бічні зусилля в області контакту шин другої та першої піврами трактора з опорною поверхнею; P – опір, який чинить сівалка на ґрунт; m_1, J_1, m_2, J_2 – маси та моменти інерції першої та другої піврами сівалки; m_3, J_3, m_4, J_4 – маси та моменти інерції першої та другої піврами трактора; $Cи_1, Cи_2$ – жорсткість шин першої

Центр узагальнених координат ХОУ – поздовжнє і поперечне зміщення агрегату – знаходиться в центрі мас другої піврами сівалки. Узагальненими координатами будуть: φ_1 – кут між центральною віссю другої піврами сівалки і віссю ОХ; φ_2 – кут між центральною віссю бункера для посівного матеріалу (першої піврами сівалки) і віссю ОХ; φ_3 – кут між центральною віссю другої піврами трактора і віссю ОХ; φ_4 – кут між центральною віссю першої піврами трактора і віссю ОХ.

Використовуючи диференціальні рівняння Лагранжа 2-го роду [3] одержимо систему диференціальних рівнянь 8-го порядку:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}\ddot{\varphi}_1 + a_{12}\ddot{\varphi}_2 + a_{13}\ddot{\varphi}_3 + a_{14}\ddot{\varphi}_4 + f_1(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, \dot{\varphi}_4, t) = \\ = g_1(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, t); \\ a_{21}\ddot{\varphi}_1 + a_{22}\ddot{\varphi}_2 + a_{23}\ddot{\varphi}_3 + a_{24}\ddot{\varphi}_4 + f_2(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, \dot{\varphi}_4, t) = \\ = g_2(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, t); \\ a_{31}\ddot{\varphi}_1 + a_{32}\ddot{\varphi}_2 + a_{33}\ddot{\varphi}_3 + a_{34}\ddot{\varphi}_4 + f_3(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, \dot{\varphi}_4, t) = \\ = g_3(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, M, t); \\ a_{41}\ddot{\varphi}_1 + a_{42}\ddot{\varphi}_2 + a_{43}\ddot{\varphi}_3 + a_{44}\ddot{\varphi}_4 + f_4(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3, \dot{\varphi}_4, t) = \\ = g_4(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, M, t), \end{array} \right. \quad (1)$$

Зміна кута повороту першої піврами трактора має вигляд синусоїди:

$$\varphi_4 = A \sin(Bt + C),$$

де A – амплітуда впливу оператора,
 B – частота впливу оператора,
 C – фаза (початковий кут впливу).

Маса технологічної ємності при теоретичному дослідженні змінювалась від $m_0 = 3500 \text{ кг}$ (маса порожньої технологічної ємності + посівного матеріалу) до $m_1 = 2000 \text{ кг}$ (порожньої технологічної ємності).

Для застосування чисельного методу рішення системи диференціальних рівнянь (модифікований метод Рунге-Кутта 4-5 порядку) необхідно привести систему (1) до виду Коші. Із цією метою були перепозначені наступні змінні:

$$\ddot{\varphi}_1 = X; \ddot{\varphi}_2 = Y; \ddot{\varphi}_3 = Z.$$

Отримана система лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_{11}X + a_{12}Y + a_{13}Z = g_1 - f_1; \\ a_{21}X + a_{22}Y + a_{23}Z = g_2 - f_2; \\ (a_{31} + a_{41})X + (a_{32} + a_{42})Y + (a_{33} + a_{43})Z = g_3 - f_3 + g_4 - f_4. \end{array} \right. \quad (2)$$

Для рішення системи лінійних алгебраїчних рівнянь (1) методом Крамера [4] був використаний пакет MAPLE 12.0. Після приведення до виду Коші для чисельного рішення системи був застосований пакет MATLAB 7.0.

Теоретичні дослідження показали, що амплітуди відхилення першої піврами трактору змінюються від 0,25 м до 0,5 м, тому при впливі оператора на рульове керування з амплітудою $A = 0.25$ та частотою $B = \frac{\pi}{2}$ результати моделювання будуть наступними (рис. 3).

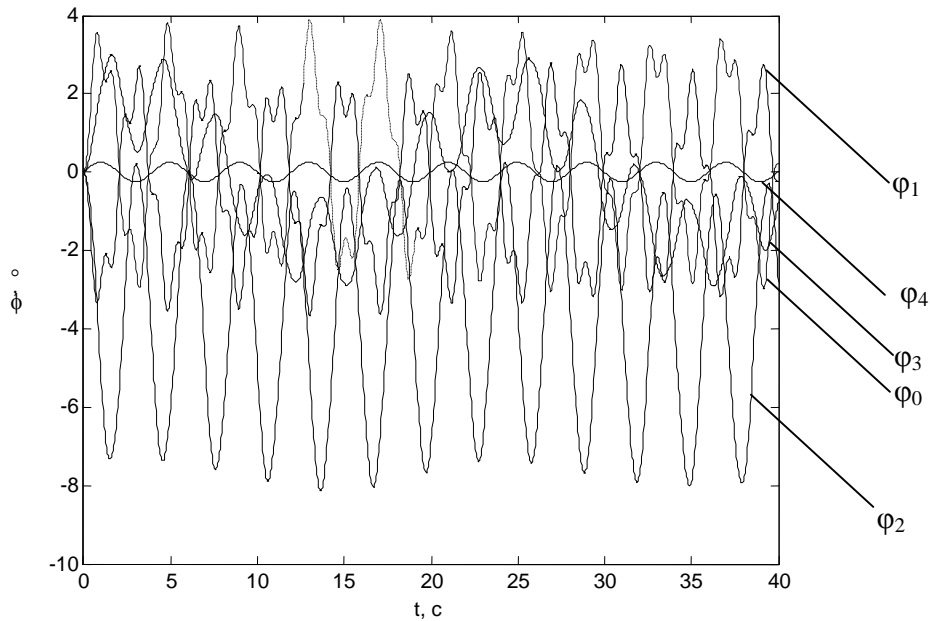


Рис. 3 – Кути повороту мас елементів системи, при русі агрегату по реальній опорній поверхні при впливі оператора на рульове керування $A=0.25, B=\pi/2, C=0$ та зміні маси технологічної ємності: φ_0 – кут злому піврам трактора; φ_1 – кут повороту другої піврами сівалки; φ_2 – кут повороту першої піврами сівалки; φ_3 – кут повороту другої піврами трактора; φ_4 – кут повороту першої піврами трактора

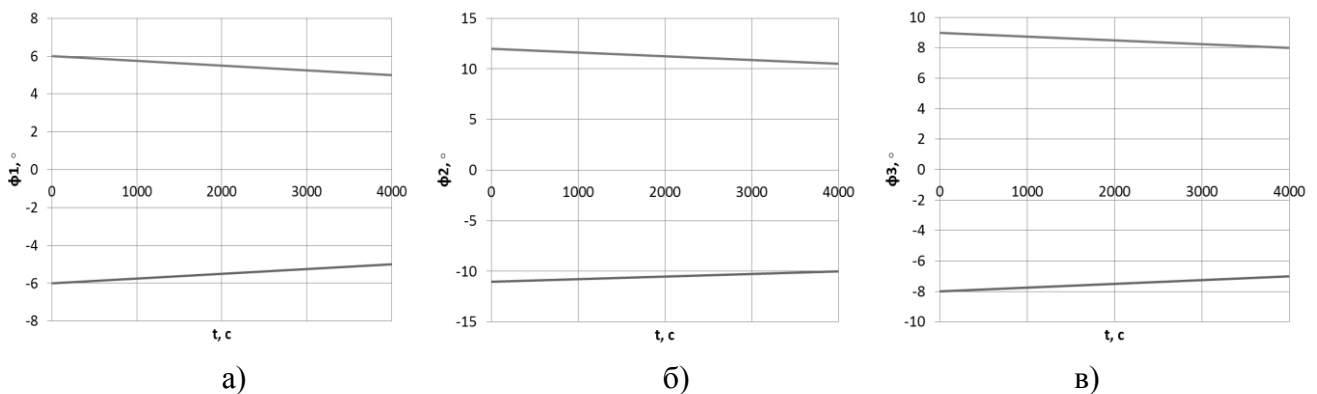


Рис. 4 – Зміна амплітуди кутів повороту елементів агрегату при диференціації маси технологічної ємності: а) φ_1 – кут повороту другої піврами сівалки; б) φ_2 – кут повороту першої піврами сівалки; в) φ_3 – кут повороту другої піврами трактора

Амплітуди кутів повороту елементів агрегату в процесі моделювання змінювались відповідно для другої піврами сівалки від 12° до 10° , першої піврами сівалки від 26° до 21° та другої піврами трактора від 17° до 16° (рис. 4). Вони змінювались лінійно пропорційно зміненню маси ємності.

Висновки

В результаті теоретичного дослідження процесу руху комбінованого сільськогосподарського агрегату були отримані кути повороту елементів агрегату, відхилення від прямолінійної траєкторії руху, закони руху центрів мас усіх елементів агрегату, при впливі оператора на рульове керування з різною амплітудою та частотою та вплив диференціації маси елемента на показники руху. Зміна амплітуди кутів повороту елементів агрегату лінійний та пропорційний до зміни маси ємності.

Список використаних джерел

1. *Авдеев В.М.* Устойчивость и управляемость движения колесного шарнирно-сочлененного трактора по грунту в составе сельскохозяйственного агрегата: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.03 / Харьковский политехнический инт. – Х., 1985. – 22 с.
2. *Артёмов Н.П.* Повышение устойчивости движения пахотного агрегата при изменении технических параметров системы управления: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / Харьковский Национальный Технический Университет Сельского Хозяйства им. Петра Василенко. – Х., 2006. – 20 с.
3. *Дроннік Ю.М., Кучеренко С.І., Тищенко Л.М.* Теоретична механіка: Курс лекцій. – Х.: Вид-во «Око», 2002. – 456 с.
4. *Амелькин В.В.* Дифференциальные уравнения в приложениях. – М.: Наука, 1987. – 160 с.

Аннотация

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА ПРИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МАССЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ

Антощенко Р.В.

В работе исследованы динамические составляющие движения элементов почвообрабатывающе-посевного агрегата при дифференциации массы технологической емкости.

Abstract

THE THEORETICAL STUDY OF THE MOTION SOWING UNITS IN THE DIFFERENTIATION PROCESS CONTAINER MASS

R. Antoshchenkov

Dynamic components of the movement elements-tillage sowing units in the differentiation process container weight are presented in this article.