



УДК 631.37

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РУХУ АСИМЕТРИЧНОГО ПОСІВНОГО АГРЕГАТУ

Чорна Т.С., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел./факс (0619) 42-12-65; e-mail: tatachyorna@yandex.ua

Анотація – на основі розробленої математичної моделі руху асиметричного просапного агрегату у горизонтальній площині проведено оцінку впливу його схеми агрегування, конструктивних та технологічних параметрів на стійкість його руху.

Ключові слова – стійкість руху, асиметричне агрегування, швидкість руху, схема налаштування агрегату.

Постановка проблеми. У південних регіонах України сьогодні значна частина посівних площ зайнята під просапні культури, серед яких основне місце нині займають соняшник та кукурудза (на їх долю припадає близько 25%).

Але більшість з них засівається 8-ми рядними сівалками. Застосування ж більш ефективних 12-ти рядних практично відсутнє. Не зважаючи на те, що ВАТ ХТЗ випускає придатні для цього орнопросапні трактори серії ХТЗ-160, а ВАТ «Червона зірка» (м. Кіровоград) – 12-ти рядні просапні сівалки. Проблема полягає в тому, що без зміни колії, дані енергетичні засоби не мають можливості працювати в міжряддях 70 см. Для цього вони повинні мати колію 1400 мм або 2800 мм. Тоді як при колії 2100 мм сліди двох висівних секцій просапної сівалки, приєднаної до трактора звичайним (симетричним) способом, будуть потрапляти в колію останнього. В подальшому це призведе до вирізання культурних рядків просапним культиватором, що неприпустимо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з можливих шляхів вирішення цього питання є асиметричне агрегування знарядь для посіву і міжрядного обробітку сходів просапної культури [1], шляхом зміщення їх на половину міжряддя.

Але при асиметричному агрегуванні просапних знарядь виникає додатковий момент, який може впливати на якісні показники їх роботи. Тому динаміка руху посівних МТА має бути такою, щоб забезпечити прийнятну прямолінійність сходів [2].

При вирощуванні просапних культур особливу роль відіграє стійкість та керованість руху агрегатів, що використовуються при їх вирощуванні. Функціонування просапного агрегату можна розглядати як реакцію на вхідні: керуючий та збурюючі впливи. При цьому реакція на керуючий вплив буде характеризувати його керованість, а на збурюючі – стійкість руху. Характер функціонування динамічної системи під час відпрацювання цих впливів залежить від динамічних характеристик, які визначаються, в даному випадку, схемою та параметрами просапного агрегату. Таким чином, виходячи з аналізу керованості та стійкості руху агрегату, треба встановити такі характеристики динамічної системи, які забезпечать їй раціональне перетворення вхідних впливів [3].

У якості керуючого впливу приймаємо кут повороту керованих коліс трактора (α), а збурюючого впливу – розворотний момент, що створюється завдяки асиметричному навішуванню робочої машини (Δ) та вильоту маркеру (Δ_M).

Вихідними змінними параметрами, що задають траєкторію руху МТА під час роботи, є поперечне зміщення центру мас трактора (X_{ST}) та кут відхилення повздовжньої осі від напрямку руху – курсовий кут (φ).

Головними операторами для динамічних систем є передатні функції та частотні характеристики. Вони дають найбільш повну уяву про динамічні якості системи, її реакції на різні збурення та характер перехідних і сталих процесів. Для їх теоретичного визначення необхідна система рівнянь, які зв'язують вихідні параметри з вхідними (тобто математична модель дослідного процесу).

Розробкою математичної моделі просапного агрегату на базі трактора ХТЗ-120 займалися Надикто В.Г., Мухамедшин В.З. [4, 5].

Нами була розроблена математична модель руху просапного агрегату у горизонтальній площині на базі орно-просапного трактора з уточненням напрямку кутів відведення шин коліс МТА [6].

Формулювання мети статті. Мета даної публікації – оцінити на базі розробленої математичної моделі вплив схеми агрегування, конструктивних та технологічних параметрів асиметричного просапного агрегату на базі орно-просапного трактора на стійкість його руху.

Основна частина. Аналіз стійкості руху посівного асиметричного агрегату на базі орно-просапного трактору проводимо через відпрацювання збурюючих впливів у вигляді зміщення просапної сівалки (Δ) та виносу маркеру (Δ_M).

Під час теоретичних досліджень збурюючий вплив оцінювали, аналізуючи наступну передаточну функцію:

$$W_3(p) = D_3/D, \tag{1}$$

В даному випадку маємо:

$$D = \begin{vmatrix} K_{11} & K_{12} \\ K_{21} & K_{22} \end{vmatrix}, \quad D_3 = \begin{vmatrix} K_{11} & 0 \\ K_{21} & F_{22} + F_{23} \end{vmatrix}.$$

Після розкриття визначників і підстановки у (1) отримаємо:

$$W_3(p) = \frac{F_{13} \cdot p + F_{03}}{C_2 \cdot p^2 + C_1 \cdot p + C_0},$$

де $F_{13} = (F_{22} + F_{23}) \cdot A_{11}$; $F_{03} = (F_{22} + F_{23}) \cdot A_{12}$;

$C_2 = A_{11} \cdot A_{21}$; $C_1 = A_{11} \cdot A_{22} + A_{12} \cdot A_{21}$; $C_0 = A_{11} \cdot A_{23} + A_{12} \cdot A_{22} - A_{24} \cdot A_{13}$;

тут $A_{11} = M_T$; $A_{12} = (k_A + k_B + k_M - R_M)/V_0$;

$$A_{13} = \begin{cases} \left[(Pf_A - P\kappa_A + k_A) \cdot (L - a_T) + (P\kappa_B - Pf_B - k_B) \cdot a_T - (P_{кр} + k_M) \cdot \sqrt{\Delta^2 + (a_T + a_M)^2} \right] / V_0 & \text{прямий рух;} \\ \left[-(Pf_A - P\kappa_A + k_A) \cdot (L - a_T) + (Pf_B - P\kappa_B + k_B) \cdot a_T - (P_{кр} + k_M) \cdot \sqrt{\Delta^2 + (L - a_T + a_M)^2} \right] / V_0 & \text{реверсивний рух;} \end{cases}$$

$A_{21} = Js_T$;

$$A_{22} = \begin{cases} \left[(Pf_A - P\kappa_A + k_A) \cdot (L - a_T)^2 + (Pf_B - P\kappa_B + k_B) \cdot a_T^2 + \right. \\ \left. + (k_M + P_{кр}) \cdot (a_T + a_M) \cdot \sqrt{\Delta^2 + (a_T + a_M)^2} \right] / V_0 & \text{прямий рух;} \\ \left[(Pf_A - P\kappa_A + k_A) \cdot (L - a_T)^2 + (Pf_B - P\kappa_B + k_B) \cdot a_T^2 + \right. \\ \left. + (k_M + P_{кр}) \cdot (L - a_T + a_M) \cdot \sqrt{\Delta^2 + (L - a_T + a_M)^2} \right] / V_0 & \text{реверсивний рух;} \end{cases}$$

$$A_{23} = \begin{cases} (P\kappa_A - Pf_A - k_A) \cdot (L - a_T) + (Pf_B - P\kappa_B + k_B) \cdot a_T + (k_M + P_{кр}) \cdot (a_T + a_M) & \text{прямий рух;} \\ -(Pf_A - P\kappa_A + k_A) \cdot (L - a_T) - (P\kappa_B - Pf_B - k_B) \cdot a_T - (k_M + P_{кр}) \cdot (L - a_T + a_M) & \text{реверсивний рух;} \end{cases}$$

$A_{24} = -A_{23}/V_0$; $F_{22} = f_{22}$; $F_{23} = f_{23}$;

p – оператор диференціювання.

Характер зміни передавальної функції $W_3(p)$ показує, що на курсову стійкість асиметричного посівного агрегату найбільше впливають його масові характеристики, а також тяговий опір на гаку ($P_{кр}$), коефіцієнти опору відведення передніх (k_A) і задніх (k_B) коліс трактору та просапної сівалки (k_M), опір перекочування маркеру (R_M), швидкість руху агрегату (V_0).

Вхідний вплив у вигляді одиничної ступінчатої функції будь-яка динамічна система відпрацьовує як проста підсилювальна ланка. При цьому $p = i \cdot \omega = 0$.

Проаналізуємо вплив схеми агрегування (реверсивна чи пряма) і рядності МТА на зміну курсового кута при наявності асиметрії (в даному випадку 0,35 м).

Так, збільшення рядності асиметричного посівного агрегату призводить до збільшення курсового кута (рис.1).

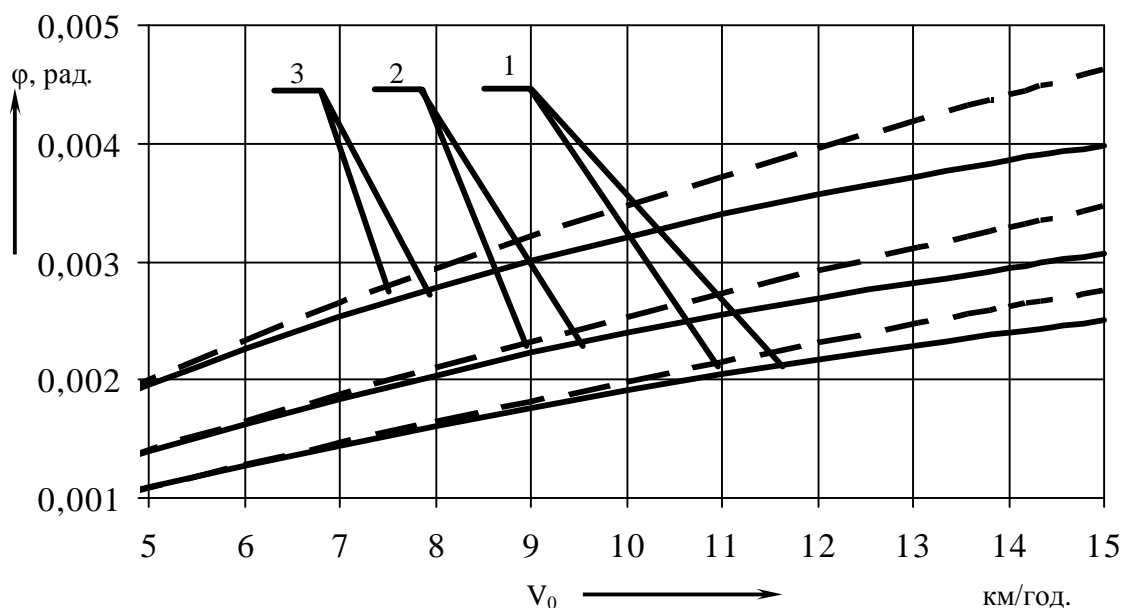


Рис. 1. Вплив швидкості руху асиметричного посівного агрегату на зміну курсового кута трактору при різних схемах його налаштування: пряма (—) і реверсивна (---) – з рядністю: 1 – 6 секцій; 2 – 8 секцій; 3 – 12 секцій.

Причому, в діапазоні швидкостей 6...12 км/год амплітуда курсового кута збільшується на 58% для 12-рядного, 65% – для 8-рядного і на 71% – для 6-рядного МТА при прямій та на 70%, 76% і 81% для реверсивної схеми агрегування (рис.1). Навіть у гіршому варіанті вплив швидкості руху і рядності є незначним: максимальне значення не перевищує 0,01 при бажаному значенні 0.

Враховуючи те, що тяговий опір на гаку $P_{кр}$ прямо пропорційно залежить від рядності просапної сівалки, його вплив при відпрацюванні збурюючого впливу у вигляді асиметричного зміщення знаряддя є незначним.

Аналіз впливу асиметричного приєднання просапної сівалки в залежності від схеми налаштування енергетичного засобу (рис. 2) показав її незначний вплив на стійкість руху такого МТА (інтенсивність майже не змінюється як при швидкості 8 км/год, так і при 12 км/год).

Натомість швидкість руху значно більше впливає на коливання курсового кута при збільшенні асиметрії. Але, враховуючи малі значення (максимальне значення 0,044 не перевищує 0,05 при бажаному значенні 0), можна зробити висновок про незначний вплив асиметричного агрегування просапної сівалки на зміну курсового кута асиметричного посівного агрегату.

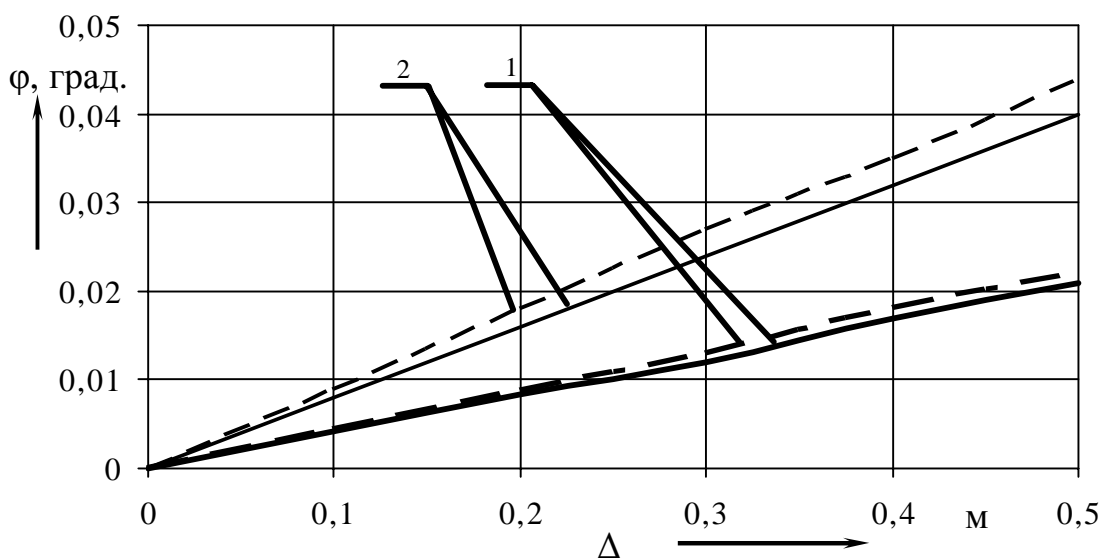


Рис. 2. Вплив асиметричного приєднання 12-рядного просапної сівалки на зміну курсового кута при різних схемах налаштування енергетичного засобу: прямій (—) та реверсивній (---) зі швидкістю: 1 – 8 км/год.; 2 – 12 км/год.

Висновки.

З наведеного вище можна зробити наступні висновки.

Стійкість руху посівного МТА при реверсивному налаштуванні трактора гірша, ніж при прямому. На швидкості робочого руху 12 км/год різниця між коливаннями курсового кута трактора на користь прямого його налагодження (змінюється від 4% для 6-рядного агрегату до 11% – для 12-рядного).

Величина поперечного зміщення сівалки теоретично призводить до зростання коливань курсового кута трактора. В якісному вираженні цей процес ідентичний впливу швидкісного режиму, а в кількісному – на порядок більший.

В цілому вплив асиметричного агрегування сівалки з орнопросапним трактором на стійкість руху МТА незначний. Навіть при швидкості руху 12 км/год. поперечне зміщення посівної машини на 0,35 м викликає коливання курсового кута енергетичного засобу з амплітудою, яка не перевищує 1,6 градуси.

Література

1. Чорна Т. С. Зчіпний пристрій енергетичного засобу / Т.С. Чорна // Праці ТДАТУ. – 2008. – Вип. 8, т. 1. – С. 144–147.
2. Надыкто В. Т. Частотно-дисперсионный показатель оценки непрямолинейности рядов пропашных культур / В. Т. Надыкто, О. П. Назарова, Т. С. Черная // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2009. – №8. – С. 15–17.

3. Лурье А. Б. Широкозахватные почвообрабатывающие машины / А. Б. Лурье, А. И. Любимов. – Л. : Машиностроение, 1981. – 270 с.

4. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві : навчальний посібник / В. Т. Надикто, М. Л. Крижачківський, В. М. Кюрчев, С. Л. Абдула. – Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2006. – 337 с.

5. Надикто В. Т. Дослідження просапного МТА на базі трактора ХТЗ-120 / В. Т. Надикто, В. З. Мухамедшин // Праці ТДАТА. 2004. – Вип. 14. – С. 65–71.

6. Чорна Т. С. Математична модель асиметричного просапного агрегату / Т. С. Чорна // Праці ТДАТУ. – 2008. – Вип. 8, т. 2. – С. 136–146.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ДВИЖЕНИЯ АССИМЕТРИЧНОГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА

Т.С. Черная

Аннотация – на основе разработанной математической модели движения асимметричного посевного агрегата в горизонтальной плоскости проведена оценка влияния его схемы агрегатирования, конструктивных и технологических параметров на устойчивость его движения.

THE ESTIMATION OF ASYMMETRIC CULTIVATED AGGREGATE MOTION STABILITY

T. Chorna

Summary

On the base of the developed mathematical model of the asymmetric cultivated aggregate motion in a horizontal plane the estimation of its scheme influence, structural and technological parameters are conducted of its motion stability.