



УДК 631.354

## ОБРАБОТКА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР И АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Аюбов А.М., к.т.н.,

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Антощенко В.Н., к.т.н.

*Харьковский государственный технический университет**сельского хозяйства им. Петра Василенка*

Тел.: (0619)42-12-65, e-mail:tdatu-mvz@yandex.ru

**Аннотация** – в статье рассматривается анализ точности вождения машинно-тракторного агрегата под воздействием различных дестабилизирующих факторов с различными орудиями пропашных культур (навесными, полунавесными, прицепными на междурядной обработке).

**Ключевые слова** – точность вождения, пропашная культура, пропашной МТА, междурядная культивация.

*Постановка проблемы.* При решении проблемы точности движения машинно-тракторного агрегата обычно решается задача повышения их функциональной точности, при которой оценивается отклонение параметров (погрешностей) системы от их расчётных (номинальных) значений, возникающих под воздействием различных дестабилизирующих факторов. При этом изучается выходной параметр  $x$  системы, являющийся решением функциональной задачи в соответствии с целевым назначением технической системы в целом или её составных частей, характеризующихся характеристиками входных сигналов  $S$  и параметров схемных элементов системы  $q$ . В соответствии с этим модель системы строится в виде функциональной зависимости

$$x = J(Sq). \quad (1)$$

Зависимость (1) в общем случае отличается от требуемой. Для оценки системы правильности воспроизведения зависимости (1) вводится понятие идеальной технической системы, которая воспроизводит заданную функцию с абсолютной точностью. В такой технической системе связь между наилучшими расчётными (номинальными значениями) выходного параметра  $x_n$  и характеристик первичных величин  $S_n$  и  $q_n$  представляет собой заданную зависимость

$$x_n = J_n(S_n, q_n) \quad (2)$$

В действительности идеальной технической системы не существует, т.к. при создании любой системы и в процессе её эксплуатации возникают различные отклонения величин  $S$  и  $q$  от номинальных значений. Степень отличия реальной технической системы от её идеальной модели оценивается функциональной погрешностью

$$\Delta x = x - x_n, \quad (3)$$

характеризующей точность воспроизведения заданных функций.

Таким образом, по зависимости (3) для любой технической системы можно оценить её функциональную точность, под которой понимается способность системы удерживать с определённой степенью близости значения своих параметров около таких значений; при которых система функционирует идеальным образом.

При определении функциональной точности движения тракторного агрегата с различными рабочими орудиями (навесные, полунавесные, прицепные) оценивается отклонение траектории движения агрегата от заданного направления движения, например, при междурядной обработке пропашных культур от обрабатываемого ряда.

*Анализ исследований и публикаций.* В общем случае движения тракторного агрегата с навесной машиной (орудием) её боковое смещение ограничивается жёсткой связью с трактором. Это подтверждают экспериментальные исследования с колёсными тракторами [1]. Для полунавесных прицепных агрегатов разность между заданным и фактическим курсом в значительной мере зависит от типа машин и состояния почвы. Для данных агрегатов точка 3 (рис.1) постоянно находится на траектории  $f(x)$  его кинематического центра, а точка 4 – на траектории движения центра машины [2].

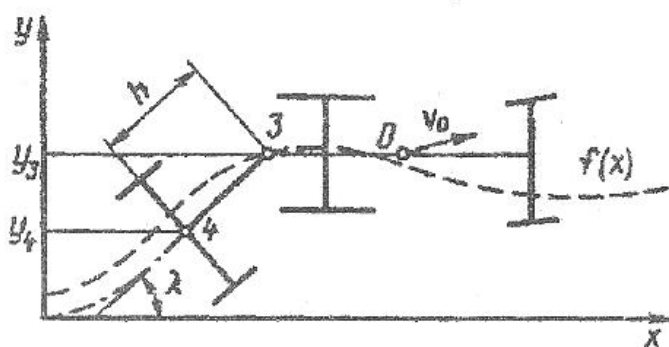


Рис. 1. Схема движения полунавесного агрегата по заданному курсу  $f(x)$ .

*Формулирование целей статьи.* Провести теоретический анализ точности движения машинно-тракторного агрегата при междурядной обработке пропашных культур.

*Основная часть.* Взаимосвязь траектории  $f(x)$  трактора и точки 4 рабочего орудия при равномерной скорости  $V_0$  движения агрегата ха-

рактизуется нелинейным дифференциальным уравнением первого порядка

$$\dot{y}^2 - y^2[f(x)-y]^2 - [f(x) - y]^2 = 0, \quad (4)$$

где  $h=l_{34}$  – расстояние между точкой прицепа и центром машины, м.

Общее решение уравнения невозможно, т.к. число функций  $f(x)$  не ограничено. Поэтому в практических целях рассматривают скачкообразные, пилообразные и гармонические изменения входного сигнала.

При оценке функциональной точности движения машинно-тракторного агрегата при междурядной обработке сахарной свеклы рассматриваются, в основном, гармонические изменения входного сигнала. В этом случае траектория входного рядка сахарной свеклы представляется условно тремя гармоническими, наложенными друг на друга кривыми линиями [3]. Основная кривая обусловлена не прямолинейностью движения тракторного агрегата, имеет длину 100...250 м, и амплитуду – около 0,5 м. Средние гармоники с длиной перехода 17...30 м и амплитудой около 100 мм обусловлены, в основном, колебаниями сеялки относительно линии тяги трактора. Малые гармоники, обусловленные преимущественно поперечными колебаниями сошников сеялок, имеют период 4...12 и амплитуду 10...60 мм. Кроме того, на двухметровой длине можно обнаружить разбросы осей растений до 30 мм в каждую сторону, обусловленные не точным высевом.

В общем случае гармоническое изменение траектории наблюдается, когда  $f(x)=\sin\lambda$  [2]. Для данного случая в соответствии с (4) уравнение движения агрегата записывается в виде:

$$\dot{y}^2 - y^2[\sin\lambda - y]^2 - [\sin\lambda - y]^2 = 0, \quad (5)$$

Решение уравнения (5) при различных частотах и амплитудах гармонического изменения траектории подтвердило большое влияние параметра  $h$  на отклонение от курса движения тракторного агрегата.

При заданных начальных условиях, обусловленных агротехническими требованиями, для прицепных и навесных машин в диапазоне частот 0,5..50 с<sup>-1</sup> сдвига максимальных амплитуд не выявлено. При корректировании курса движения тракторного агрегата можно принять, что выходной параметр в ожидаемом диапазоне частот (0,08≤9≤105 Гц) изменяется по экспоненте.

Кроме постоянно действующих на тракторный агрегат гармонических входных сигналов при обработке пропашных культур возможно скачкообразное (ступенчатое) изменение траектории движения, вызванное наездом на препятствие, кратко временной корректировкой оператором направления движения и т.д. В этом случае при  $t \approx 0$  полунавесная или прицепная машина отклоняется от продольного направ-

ления движения на  $h/2$ . Динамику агрегата для данного случая по уравнению (4) можно оценить по уравнению [2].

$$\dot{y}^2(h^2 - y^2) = 0. \tag{6}$$

При  $\frac{dy}{dx} = \left(\frac{h^2}{y^2} - 1\right)^{1/2}$

$$x = h \cdot \ln[h \pm (h^2 - y^2)^{1/2}] - y \pm (h^2 - y^2)^{1/2}. \tag{7}$$

Для прицепного орудия с увеличением длины прицепного звена  $h$  увеличивается путь, необходимый для выравнивания направления движения агрегата (рис 2).

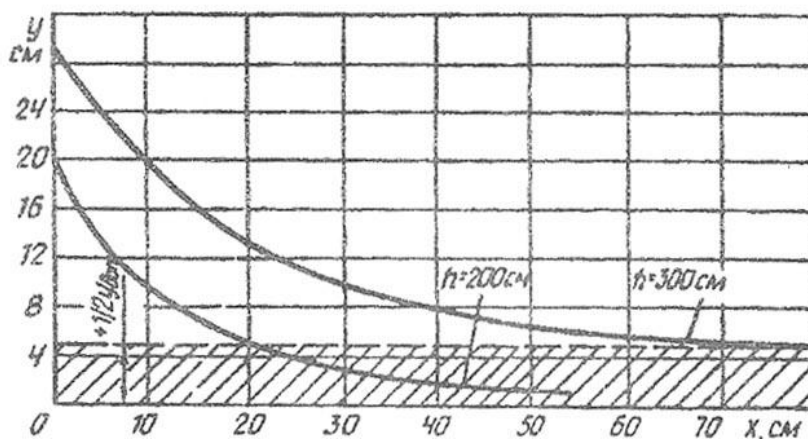


Рис. 2. Зависимость отклонения у центра прицепного звена от его длины  $h$  и пути  $x$  при выравнивании направления движения.

Анализ динамики агрегата с навесной или полунавесной машиной показал, что при скачкообразном воздействии траектория движения агрегата может быть описана дифференциальным уравнением первого порядка.

При исследовании динамики тракторного агрегата, существенно влияющей на точность его движения, агрегат рассматривается как система, работающая в условиях изменяющихся внешних воздействий, обусловленных разнообразными факторами [4]. Такими факторами являются: неровности поверхности поля, физико-механические свойства почвы, биологический урожай и т.д. В этом случае функционирование тракторного агрегата необходимо рассматривать как реакцию на внешние возмущения и управляющие воздействия. В качестве входных переменных принимаются все внешние возмущения (условия работы) и управляющие воздействия (со стороны водителя или управляющих свойств), характеризующиеся конкретными физическими величинами (силы, моменты сил, перемещения и т.д.), а выходных параметров – совокупность параметров, которые определяют качество работы машины, энергетические и технологические показатели и т.д.

*Выводы.* При заданных начальных условиях, обусловленных агротехнологическими требованиями для прицепных и навесных машин в диапазоне частот  $0,5 \dots 50 \text{с}^{-1}$  сдвигамаксимальныхамплитуд не выявлено. При корректировании курса движения тракторного агрегата выходной параметр в ожидаемом диапазоне частот изменяется по экспоненте. Для прицепного орудия с увеличением прицепного звена  $h$ , увеличивается путь, необходимый для выравнивания направления движения агрегата.

#### *Литература*

1. Kollar L. Beitrag zur Automatisierung der Lenkung zweigliedriger allradangetriebener Aggregate auf nachgiebigen Boden: Diss. Dr. – Vagdebubg. 1976. 128 s.

2. Автоматизация в растениеводстве /С.А. Иофинов, Л. Коллар, П. Оберлэндер и др. – М.: Агропромиздат, 1992. – 239 с.

3. Кузьминов В.Г. Статистический анализ прямолинейности рядков свеклы / В.Г. Кузьминов, А.А. Покуса, М.З. Иоффе / Мех. и электр. соц. сел. хоз-ва. – 1976. - №12. - с. 41-42 с.

4. Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / А.Б. Лурье, Н.С. Нагорский, В.Г. Озеров и др. Под ред. А.Б. Лурье.- Л.: Колос, Ленинградское отделение, 1979. – 312 с.

## **ОБРОБКА ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР І АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ РУХУ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ**

А.М.Аюбов, В.Н.Антощенко

*Анотація* – у статті розглянуто аналіз функціональної точності водіння машинно-тракторного агрегату під впливом різних дестабілізуючих чинників з різними знаряддями (начіпними, напівначіпними, причіпними) при міжрядній обробці просапних культур.

## **TREATMENT OF TILLED CROPS AND ANALYSIS OF ITS ACCURACY MOVEMENT OF MACHINE-TRACTOR UNIT**

A.Ayubov, V.Antoshenkov

#### *Summary*

**In the article the analysis of the functional precision driving machine-tractor unit under the influence of various destabilizing factors with different guns (mounted, naplanie, trailer) in the inter-row treatment of tilled cultures.**