

## ОЦЕНКА УПРАВЛЯЮЩЕГО СИГНАЛА СИСТЕМЫ КУРСОВОЙ СТОЙКОСТИ С.-Х. МОТОАГРЕГАТОВ

Лебедев А.Т., д.т.н., проф., Овсянников С.И., к.т.н., доц.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*Рассмотрены пути и методы стабилизации курсовой стойкости мотоагрегатов. Предложены модели фильтрации оценок изменяющихся параметров курсовой стойкости мотоагрегата на основе без координатных преобразований.*

**Актуальность.** Работа с мотоагрегатами (мотоблоки, мотоорудия и пр.) приводит к быстрой утомляемости оператора [1]. Это связано с воздействием агрегата на оператора в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а также интенсивным участием оператора в тяговой динамике системы. С целью уменьшения передачи воздействий со стороны машины на оператора в продольно-вертикальной плоскости используют технологические тележки–адаптеры, опорные колеса на орудиях, демпферы на приводах колес и штангах управления. Иначе обстоит дело в горизонтальной плоскости. Разность сцепных свойств опорного основания и движителей по бортам агрегата, смещение вектора силы тяги относительно продольной оси агрегата, случайные неровности поверхности движения приводят к уходу агрегата от заданной траектории движения.

Поэтому, **целью работы** является обоснование метода стабилизации курсовой стойкости агрегата и оценки влияния управляющего сигнала следящего устройства на механизмы управления.

**Результаты.** Для обеспечения курсовой стойкости мотоагрегатов разработана гидротрансмиссия (рис. 1с) отдельным управляемым приводом гидромотор-колес на основе силовых гидроцилиндров [2]. Трансмиссия выполнена по бортовой схеме и содержит насос  $H$  постоянной производительности, делитель потока по бортам  $ДП_0$ , управляемые дроссели  $Д_1$  и  $Д_2$ , бортовые гидромотор-колеса  $ГМ_1$  и  $ГМ_2$  с реверсивным управлением вращения от золотникового или клапанного устройств  $P_1$  и  $P_2$ .

Управление работой двигателя осуществляется рукояткой подачи топлива  $П$ . Заданную частоту вращения двигателя поддерживает всережимный регулятор  $ВР$ . В зависимости от внешней нагрузки на гидромоторах изменяется крутящий момент, развиваемый двигателем, который зависит от угловой скорости коленчатого вала и положения всережимного регулятора  $ВР$ . Сигнал курсового управления поступает в исполнительный орган  $ИО$ , при помощи которого изменяется пропускная способность дросселя  $Д$ , а, следовательно, скорость вращения гидромотора  $ГМ$ .

Автоматическое управление курсовой стойкостью мотоагрегата

представлено как структурная блок-схема (рис. 2). Сигнал от датчиков рулевого управления поступает в блок аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Сюда же поступает сигнал от датчика курсового положения, в качестве которых можно использовать гироскоп или другое подобное устройство. Цифровой сигнал обрабатывается процессором в соответствии с заданным алгоритмом и поступает в исполнительный орган привода гидротрансмиссии.

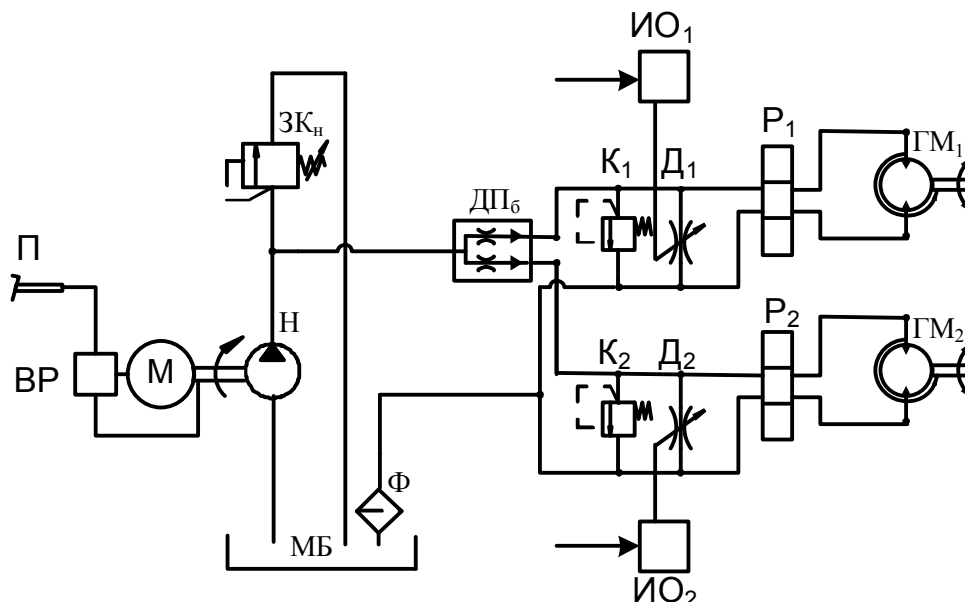


Рис. 1 – Структурная схема гидропривода трансмиссии мотоблока с независимым регулируемым управлением потоков

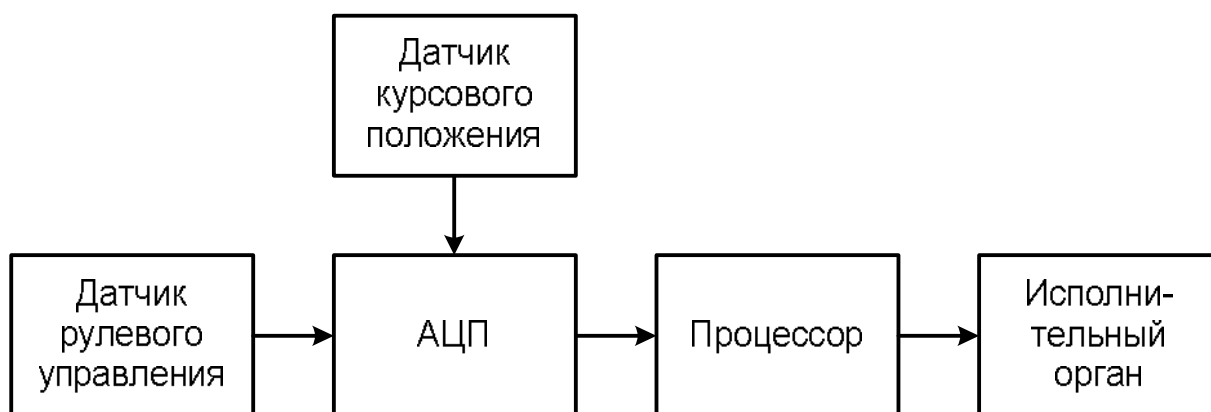


Рис. 2 – Структурная схема системы управления курсовой стойкостью мотоагрегата

При решении задач стабилизации движения в какой либо плоскости, применяют теорию оптимизации систем, одной из задач которой является адаптация к неизвестным заранее условиям управления. Под адаптацией в технике понимают приспособление технических устройств и систем к изменяющимся условиям их функционирования, неизвестных заранее. К условиям адаптации относится необходимость:

- оценивание изменяющейся обстановки;
- использования результатов оценивания для приспособления к выявленным изменениям.

Для стабилизации курсовой стойкости движения мотоагрегата в горизонтальной плоскости  $XOY$  рассмотрим возможность оценивания направления движения в данной плоскости. Заданное направление движения определяется единичным вектором  $|\vec{\alpha}|=1$  (рис. 3). Истинное направление движения определяется вектором  $\hat{\alpha}$ , которое является случайной величиной. Случайность оценки вектора  $\hat{\alpha}$  определяется для нашего случая разностью условий взаимодействия колес с почвогрунтом под правым и левым движителями (колесами): неровности поверхности движения, твердость и плотность почвы, изменение нормальной нагрузки на движители и т.д.

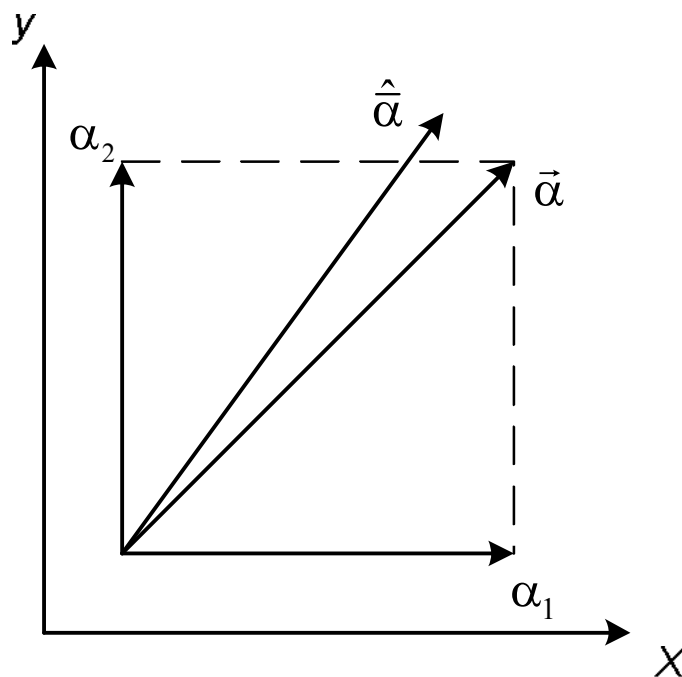


Рис. 3 – Схема к оценке направления движения в плоскости  $XOY$

Задача заключается в оценке сигнала  $\hat{\alpha}$  и приближении ее к заданному направлению движения  $\vec{\alpha}$ , т.е. чтобы истинное направление движения как можно ближе совпадало с заданным. С точки зрения статистической теории оптимизации необходимо выбрать критерий и метод оптимизации.

Известно, что параметры поверхности движения и характеристики сцепных свойств описываются различными законами. Однако мгновенные значения колебаний подчиняются нормальному (Гауссовскому) закону распределения, причем изменение рельефа  $x(t)$  является стационарным процессом с известными корреляционными функциями [3]:

$$\rho(\tau) = \int_0^{\infty} x(t) \cdot x(t - \tau) \cdot dt \quad (1)$$

Среди множества существующих критериев оптимизации воспользуемся критерием минимума среднеквадратической ошибки (МСКО) [4]. Достоинство данного метода заключается в том, что он является следствием других критериев, а также может быть использован как самостоятельный критерий при оценке негауссовского распределения отклонений, что практикуется особенно широко в теории управления.

При использовании данного критерия ошибкой считается отклонение случайной оценки истинного направления  $\hat{\alpha}$  от известного заданного  $\bar{\alpha}$ . В данном случае МСКО имеет вид

$$M \left[ \left| \hat{\alpha}_y - \bar{\alpha} \right|^2 \right] = \min, \quad (2)$$

где:  $M$  – знак математического ожидания;

$\hat{\alpha}_y - \bar{\alpha}$  – отклонение текущего направления от заданного (невязка направления).

Вычисление невязок текущих оценок  $\hat{\alpha}_y$  можно осуществить измерением пропорциональных им величин. Устройства вычисления величин, пропорциональных малым невязкам, называют дискриминаторами. Выходной эффект дискриминатора усиливается с повышением точности текущих оценок  $\hat{\alpha}_y$ . Важной мерой повышения точности измерения является увеличение времени наблюдения параметров. При этом приходится считаться с возможным изменением параметра за это время, заранее вводя модели таких изменений при различных вариантах движения. В таком случае необходимо перейти к мгновенной квазилинейной фильтрации оценок. Не вдаваясь в теоретические основы такой фильтрации, запишем рекуррентные уравнения:

- фильтрации текущих оценок

$$\hat{\alpha}_{k+1} = \bar{b}(\hat{\alpha}_k) + \bar{C}_{k+1}^{-1} \cdot \bar{C}_{yk+1} (\hat{\alpha}_{yk+1} - \bar{b}(\hat{\alpha}_k)); \quad (3)$$

- преобразования матрицы точности в процессе фильтрации

$$\bar{C}_{k+1} = (\bar{B}_k \cdot \bar{C}_k^{-1} \cdot \bar{B}_k^T + \bar{Q}_k)^{-1} + \bar{C}_{yk+1}, \quad (4)$$

здесь  $\bar{b}(\hat{\alpha}_k)$  – оценка прогнозирования, определяющая математическое ожидание величины  $\hat{\alpha}_{k+1}$ , описывает закон изменения параметра. С его помощью осуществляется прогноз оценки при переходе с  $k$ -го на  $k+1$  шаг;  $\bar{B}_k$  – не случайная динамическая матрица пересчета приращений вектора состояния  $k$ -го шага измерения на следующий шаг;

$\bar{C}_k^{-1}$  – корреляционная матрица случайных ошибок измерения после  $k$ -го шага;

$\bar{Q}_k$  – матрица случайного обновления данных (матрица случайного дискретного маневра).

Рассмотрим использование данных уравнений на примере. Предположим, что скалярный дискретный параметр модуля вектора  $\alpha_2 = x$  изменяется согласно модели с независимыми стационарными случайными первыми приращениями:

$$x_{k+1} = x_k + \mu_k, \quad (5)$$

где  $\mu_k$  – случайный вектор, генерируемый датчиком случайных чисел.

Физически это означает, что регулярное изменение  $x$  от шага к шагу отсутствует. Однако возможно его случайное изменение. Заменяя матрицу маневра скалярной величиной дисперсии маневра, т.е.  $\bar{Q} \rightarrow D_\mu$ , уравнение фильтрации можно представить в виде:

$$\hat{x}_{k+1} = \hat{x}_k + \frac{D_{k+1}}{D_{y^{k+1}}} (\hat{x}_{y^{k+1}} - \hat{x}_k), \quad (6)$$

$$\frac{1}{D_{k+1}} = \frac{1}{D_k + D_{\mu k}} + \frac{1}{D_{y^{k+1}}} \quad (7)$$

Дискретная следящая система, соответствующая зависимости (6), представлена на рис. 4.

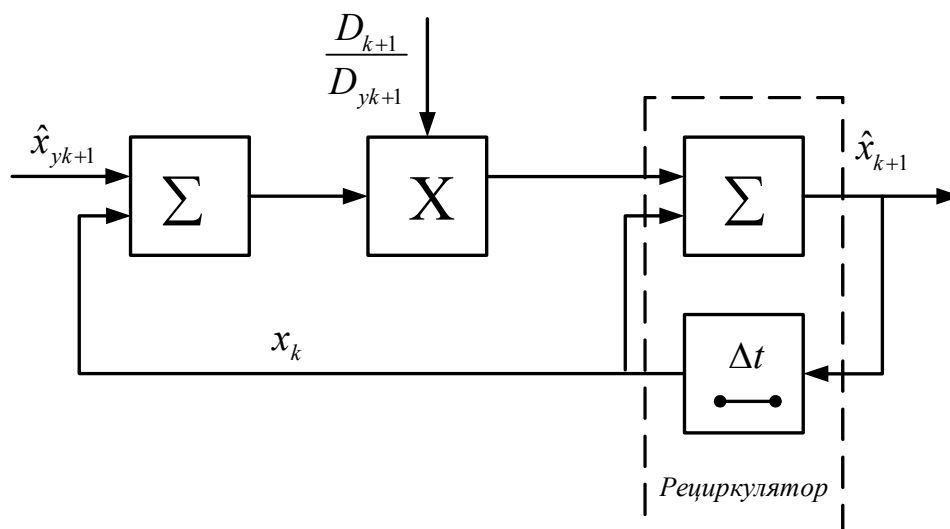


Рис. 4 – Структурная схема дискретной следящей системы с переменными параметрами.

Параметры следящей системы в переходных режимах являются переменными, переходящие в постоянные с установлением результирующей дисперсии. Последняя уменьшается согласно (7) по мере накопления результатов измерений. При этом, чем меньше  $D_\mu$ , тем ниже установившееся значение дисперсии  $D$ , но продолжительнее процесс установления. Другими словами, задавая  $D_\mu$  можно изменять время реакции системы на случайное изменение параметра (изменять быстродействие). Фильтрация оценок дискретной случайной величины может быть реализована при помощи ЭВМ.

В аналоговых устройствах необходимо перейти к непрерывной фильтрации. Для описанного данного случая наиболее подходит Винеровская модель – модель случайного изменения параметра, удовлетворяющая дифференциальному уравнению  $\frac{dx}{dt} = \mu(t)$ . Это является результатом перехода от дискретной модели к непрерывной. Уравнение фильтрации примет вид:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{D}{D_y} (\hat{x}_y - \hat{x}), \quad (8)$$

$$\frac{dD}{dt} = Q - \frac{D^2}{D_y}. \quad (9)$$

Следящая система с переменными параметрами представлена на рис. 5.

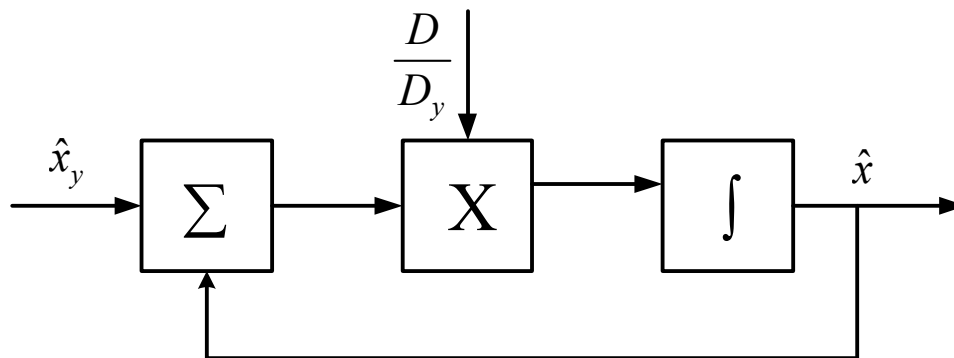


Рис. 5 – Синтезированная следящая система с переменными параметрами.

На практике вместо систем с плавно изменяющимися параметрами часто используют системы с постоянными или же с дискретно изменяющимися параметрами.

### Список использованных источников

1. Овсянников С.И. Классификация и концепция развития мини-агротехники // Вісник ХНТУСГ. Вип. 94 Системотехніка і технології лісового комплексу. – Харьков: ХНТУСХ. – 2010. – С. 304-309.
2. Ремарчук М.П. Створення гідромоторів на основі використання стандартних силових гідроциліндрів // М.П. Ремарчук, Я.В. Чмуж, Т.Т. Байрамашвілі, С.І. Овсянников // Науковий вісник будівництва, Вип. 57, – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ. – 2010. – С. 430-434.
3. Тракторы: Теория: Учебник для студентов вузов по спец. "Автомобили и тракторы" / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. - №?: с.: ил.
4. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория. Справочник / Я.Д. Ширман, Ю.И. Лосев, Н.Н. Минервин и др. / Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: ЗАО "МАК ВИС", 1998. – 828 с.: ил.

## Анотація

### ОЦІНКА КЕРУЮЧОГО СИГНАЛУ СИСТЕМИ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ С.-Г. МАЛИХ АГРЕГАТІВ

Лебедев А., Овсянников С.

*Розглянуті шляхи і методи стабілізації курсової стійкості мотоагрегатів. Запропоновані моделі фільтрації оцінок параметрів, що змінюються, на основі без координатних перетворень.*

## Abstract

### ESTIMATION OF MANAGING SIGNAL OF THE SYSTEM OF COURSE FIRMNESS OF AGRICULTURAL SMALL AGGREGATES

A. Lebedev, S.Ovsyannikov

*Ways and methods of stabilizing of course firmness of small agricultural aggregates are considered. The models of filtration of estimations of changing parameters of course firmness of aggregate are offered on basis without co-ordinate transformations.*

УДК 631.372

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПО ЭНЕРГОЗАТРАТАМ ТРАКТОРОВ ПРИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Лебедев С.А. к.т.н., Пипченко А.Н., инж.

*Харьковский филиал УкрНИИПВТ имени Леонида Погорелого*

*По результатам экспериментальных исследований оценены энергозатраты тракторов общего назначения при основной обработке почвы.*

**Постановка проблемы.** Освоение энергосберегающих технологий производства продукции растениеводства является одним из приоритетных направлений развития машинно-технологической сферы АПК. При этом первоочередными по актуальности задачами являются разработки методов энергетической оценки технологий и снижения энергозатрат машинно-тракторных агрегатов.

**Анализ основных публикаций.** В основу известной методики [1] энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве положена оценка затрачиваемой и получаемой энергии без учета специфики работы тракторных агрегатов. При этом первостепенное значение имеет обоснование критериев энергетической эффективности машинно-тракторных агрегатов (МТА) [2-4].