

УДК 629.114.2-501.22

З. С. Салбиева, М. С. Льянов, д-р техн. наук, проф., И. С. Сазонов, д-р техн. наук, проф., П. А. Амельченко, д-р техн. наук, проф.

ИЗМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАЯТНИКОВОГО ДАТЧИКА СТАБИЛИЗАЦИИ ОСТОВА СКЛОНОХОДА

В работе приведен анализ изменения частотных характеристик колебаний маятника – датчика системы стабилизации остова крутосклонного колесного трактора при различных кинематических параметрах поступательного перемещения оси подвеса маятника. На основе анализа результатов теоретических исследований дается оценка информативности датчика для его эффективного использования в автоматической системе стабилизации остова крутосклонного трактора при движении машины по равнинной поверхности.

Универсально-пропашные колесные тракторы приспособляют к условиям горного земледелия двумя наиболее распространенными способами: снижением положения центра тяжести трактора и увеличением его колеи; автоматической стабилизацией вертикального положения остова трактора при работе на склоне.

Снижение центра тяжести равнинного трактора осуществляют путем использования колес малого диаметра, что повышает устойчивость трактора на склоне. Такие тракторы называют низкоклинренными тракторами. При данном способе переоборудование равнинного трактора в низкоклинренный не требует значительных материальных затрат.

Вертикальная стабилизация остова крутосклонного трактора необходима для обеспечения устойчивости движения трактора и создания комфортного условия работы тракториста при работе трактора на склоне (рис. 1, б). Стабилизацию осуществляют с помощью автоматической системы стабилизации остова склонохода. Автоматическая система стабилизации вертикального положения остова трактора основана на информации о положении физического маятника (угол φ), закрепленного к остову трактора. Электрический сигнал, пропорциональный уклону профиля до-

роги, формируется маятником и зависит от его положения по отношению к продольной оси трактора (см. рис. 1).

Автоматическая система осуществляет формирование сигналов управления исполнительными механизмами стабилизации остова трактора при его работе на склоне. При исследовании качания физического маятника наиболее важной задачей исследования является установление закономерностей изменения частот собственных колебаний маятника при воздействии возмущений. Исследование изменения частот собственных колебаний важно, т. к. при определенных частотах возмущений маятник может войти в резонансные колебания, что вызовет формирование ложных сигналов управления системой стабилизации остова. Например, для того чтобы исключить ложные сигналы управления при движении крутосклонного трактора по равнинной поверхности, производят блокировку маятникового механизма. Однако из-за условия обеспечения безопасной работы тракториста на склоне блокировка маятникового механизма не осуществляется. С помощью аналитических методов исследования колебаний маятника можно предсказать эффективность процесса управления автоматической системой стабилизации остова с точки зрения эксплуатационных требований, предъявляемых к ним.

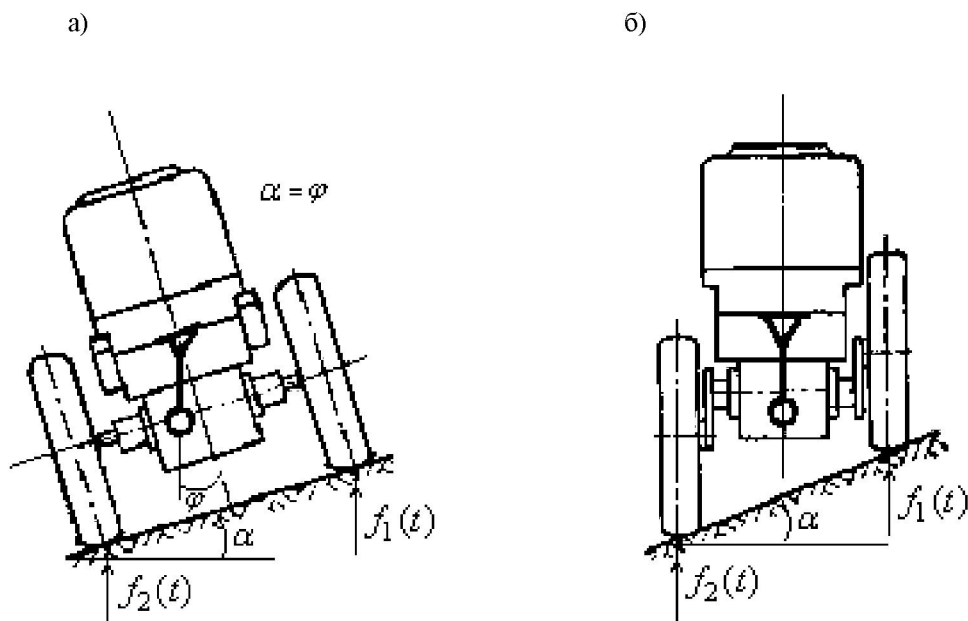


Рис. 1. Схема положения остова трактора на склоне: а – без стабилизации остова; б – с системой стабилизации остова

Как известно, колебание остова трактора подвержено со стороны опорной поверхности $f_1(t)$, $f_2(t)$ (см. рис. 1) случайным возмущениям, оказывающим воздействие на колеса трактора. Поэтому наиболее важной проблемой при проектировании автоматических систем стабилизации остова склонохода является получение достоверной первичной информации, от которой зависит качество формирования сигналов управления исполнительными механизмами склонохода, осуществляющих стабилизацию остова трактора при его работе на склоне.

К системе стабилизации остова крутосклонного трактора предъявляются следующие требования: обеспечение устойчивости, ограничение сползания трактора на склоне при реализации им номинальных тяговых усилий и стабилизация остова трактора. Исходя из этого, рассмотрим простейшую задачу – влияние перемещения оси подвеса маятника на изменение его периодов колебаний.

Определим периоды колебаний маятникового датчика стабилизации остова

крутосклонного трактора (см. рис. 1), когда точка его подвеса закреплена к остову трактора и совершает поступательное перемещение только вдоль вертикальной оси Y (рис. 2): вверх с ускорением a ; вниз с ускорением $a < g$; вниз с ускорением $a = g$; вниз с ускорением $a > g$.

Если происходит перемещение точки подвеса маятника, то абсолютное движение маятника представляет собой сложное движение, состоящее из относительного и поступательного движения маятника. Свяжем переносное движение оси подвеса маятника, совершающего движение вверх с ускорением \bar{a} (см. рис. 2), которое и является переносным движением, с подвижной системой отсчета xOy (точка O). Переносное ускорение \bar{a}_e равно заданному ускорению \bar{a} . Относительным движением маятника по отношению к этой системе будет качание маятника вокруг оси подвеса маятника O . Чтобы определить относительное движение, воспользуемся уравнением относительного движения в случае, когда переносное движение представляет собой поступательное движение:

$$m\vec{a}_r = \sum \vec{P}_i + \vec{\Phi}_e, \quad (1)$$

где $\sum \vec{P}_i$ – сумма всех сил, действующих на маятник; $\vec{\Phi}_e$ – сила инерции в переносном движении.

К маятнику M приложены сила тяжести \vec{G} и реакция стержня маятника \vec{N} . Приложим к точке M переносную силу инерции $\vec{\Phi}_e = -m\vec{\omega}_e$, направленную противоположно переносному ускорению $\vec{\omega}_e$ (направлено вертикально

вниз). Тогда уравнение (1) примет вид:

$$m\vec{a}_r = \vec{G} + \vec{N} + \vec{\Phi}_e. \quad (2)$$

Составим уравнения относительного движения в форме Эйлера:

$$\left. \begin{aligned} m \cdot d^2s_r / dt^2 &= -(G + \Phi_e) \sin \varphi_r = \\ &= -m(g + \omega_e) \sin \varphi_r; \\ m \cdot v_r^2 / \rho &= N - (G + \Phi_e) \cos \varphi_r. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

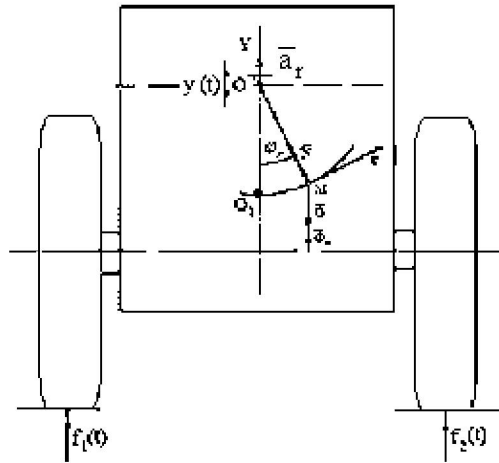


Рис. 2. Схема качания маятника крутосклонного трактора в его поперечной плоскости

Имеем

$$s_r = O_1M = l\varphi_r,$$

тогда

$$d^2s_r / dt^2 = l \cdot d^2\varphi_r / dt^2.$$

Подставим это значение d^2s_r / dt^2 в первое уравнение (3), получим

$$m \cdot l \cdot d^2\varphi_r / dt^2 = -m(g + \omega_e) \sin \varphi_r, \quad (4)$$

или

$$d^2\varphi_r / dt^2 + (g + \omega_e) / l \cdot \sin \varphi_r = 0.$$

Полагая, что угол φ_r мал, принимаем $\sin \varphi_r = \varphi_r$. Тогда уравнение (4) принимает вид:

$$\varphi_r + (g + \omega_e) / l \cdot \varphi_r = 0. \quad (5)$$

На основе уравнения (5) определим частоту и период колебаний маятника:

$$k = \sqrt{(g + \omega_e) / l};$$

$$T = 2\pi \sqrt{l / (g + \omega_e)}. \quad (6)$$

Полученный результат показывает, что при увеличении ускорения переносного движения a_e маятник должен качаться быстрее. Увеличение скорости переносного движения возможно при увеличении скорости движения крутосклонного трактора по случайным неровностям дороги. Поэтому, чтобы не формировать ложный сигнал стабили-

зации, возникает необходимость блокирования движения физического маятника при движении трактора по равнинной местности.

Из уравнения (2) определим модуль силы N (см. рис. 2):

$$\begin{aligned} N &= (G + \Phi_e) \cos \varphi_r + \frac{mV_r^2}{\rho} = \\ &= mg \cos \varphi_r + m\omega_e \cos \varphi_r + \frac{mV_r^2}{l}. \end{aligned}$$

Относительную скорость V_r в зависимости от угла φ_r можно определить из первого уравнения (3).

В случае, если точка привеса маятника движется вниз с ускорением $a_e < g$, то период колебаний маятника

$$T = 2\pi\sqrt{l/(g - \omega_e)}, \quad (7)$$

т. е. ускоренное движение точки подвеса вниз увеличивает период качаний маятника, что может вызвать ложный сигнал о значительном уклоне профиля дороги. Поэтому при движении склонохода по равнинной местности необходимо блокирование движения маятника.

Если точка подвеса находится в состоянии свободного падения (движение вниз), т. е. $a_e = g$, то колебания маятника не происходит ($T = \infty$).

Если центр масс маятника движет-

ся вниз с бóльшим ускорением, чем ускорение свободного падения, т. е. $a_e > g$, то происходит обратное вращение маятника, т. к. $\Phi_e > G$. Тогда период его качания

$$T = 2\pi\sqrt{l/(\omega_e - g)}. \quad (8)$$

Из вышеизложенного следует, что частота собственных колебаний маятника склонохода не является постоянной и зависит от кинематических характеристик перемещения точки подвеса маятника, т. е. от переносного движения оси подвеса, зависящего, в свою очередь, от частотных характеристик случайных возмущений дорожных неровностей $f_1(t), f_2(t)$. Следовательно, колебания маятника могут выдавать ложные сигналы на формирование сигналов управления исполнительными механизмами склонохода, не соответствующих реальному уклону профиля дороги. Поэтому управление остовом склонохода путем использования информации от физического маятника представляется весьма сложным и требует совершенствования. Для получения достоверной информации для автоматической системы стабилизации остова крутосклонного трактора возникает необходимость в спектральном анализе колебаний масс трактора при случайных воздействиях.

Горский государственный аграрный университет
Белорусско-Российский университет
Объединенный институт машиностроения. НАН Беларуси
Материал поступил 20.04.2011

**Z. S. Salbieva, M. S. Lukyanov,
I. S. Sazonov, P. A. Amelchenko**
**Change of frequency characteristics of swing
sensor of stabilization of hillside tractor wreck**

The analysis of change of frequency characteristics of fluctuations of pendulum - sensor of the stabilization system of the hillside wheeled tractor wreck at the different kinematics parameters of the sustained movement of the axle of pendulum suspension is given in the work. On the basis of the analysis of results of theoretical research estimation of information content of sensor is given that let use it in the automatic system of stabilization of hillside tractor wreck at moving the machine on flat surface.