

УДК 631.372.05.001.2(23)

З. С. Салбиева, М. С. Льянов, И. С. Сазонов, П. А. Амельченко

УРАВНЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ МЕХАНИЗМА ВЕРТИКАЛЬНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ОСТОВА КРУТОСКЛОННОГО ТРАКТОРА (СКЛОНОХОДА)

UDC 631.372.05.001.2(23)

Z. S. Salbiyeva, M. S. Lyanov, I. S. Sazonov, P. A. Amelchenko

THE EQUATION OF KINEMATIC CONSTRAINTS OF THE MECHANISM OF VERTICAL STABILIZATION OF THE BODY OF A HILLSIDE WHEELED TRACTOR (SLOPE VEHICLE)

Аннотация

Получены уравнения кинематических связей исполнительного механизма автоматической системы автоматической стабилизации (САС) остова склонохода (крутосклонного колесного трактора) в его поперечной плоскости, которая необходима для исследования динамики процесса выравнивания остова машины, находящегося на склоне, в зависимости от характеристик гидропривода.

Ключевые слова:

кинематическая связь, исполнительный механизм, стабилизация остова, склоноход, крутосклонный колесный трактор, склон, динамика процесса выравнивания, гидропривод.

Abstract

The paper presents equations of kinematic constraints of the actuator of the system of automatic stabilization (SAS) of the slope vehicle body (hillside wheeled tractor) in its transverse plane, which is essential for the research into the dynamics of the process of on-slope vehicle leveling depending on the characteristics of the hydraulic drive.

Key words:

kinematic constraint; actuator; body stabilization; slope vehicle; hillside wheeled tractor; slope; dynamics of leveling process; hydraulic drive.

Динамика выравнивания остова склонохода во многом зависит от работы бортовых редукторов – исполнительных механизмов системы автоматической стабилизации (САС) остова. Кинематическая схема шарнирного механизма крутосклонного трактора МТЗ-82К представлена на рис. 1.

Зависимость угла поворота вала бортового редуктора склонохода от угла наклона плоскости склона связана следующим соотношением:

$$v = \arctg \frac{2l_p \sin \gamma}{B}, \quad (1)$$

где l_p – длина плеча бортового редуктора; γ – угол поворота бортового редуктора; B – ширина колеи склонохода.

Тогда скорость выравнивания равна:

$$\dot{v} = \frac{2Bl_p \cos \gamma}{B^2 + 4l_p^2 \sin^2 \gamma} \cdot \dot{\gamma}.$$

Объем жидкости, подводимой к поршню гидроцилиндра, равен объему жидкости, вытесненной этим поршнем. На основании этого имеем

$$V_o = V_1 + V_2, \quad (2)$$

где V_0 – объем жидкости, подведенной к эквивалентному гидроцилиндру; V_1, V_2 – объемы жидкости, подведенные

к рабочим полостям левого и правого гидроцилиндров.

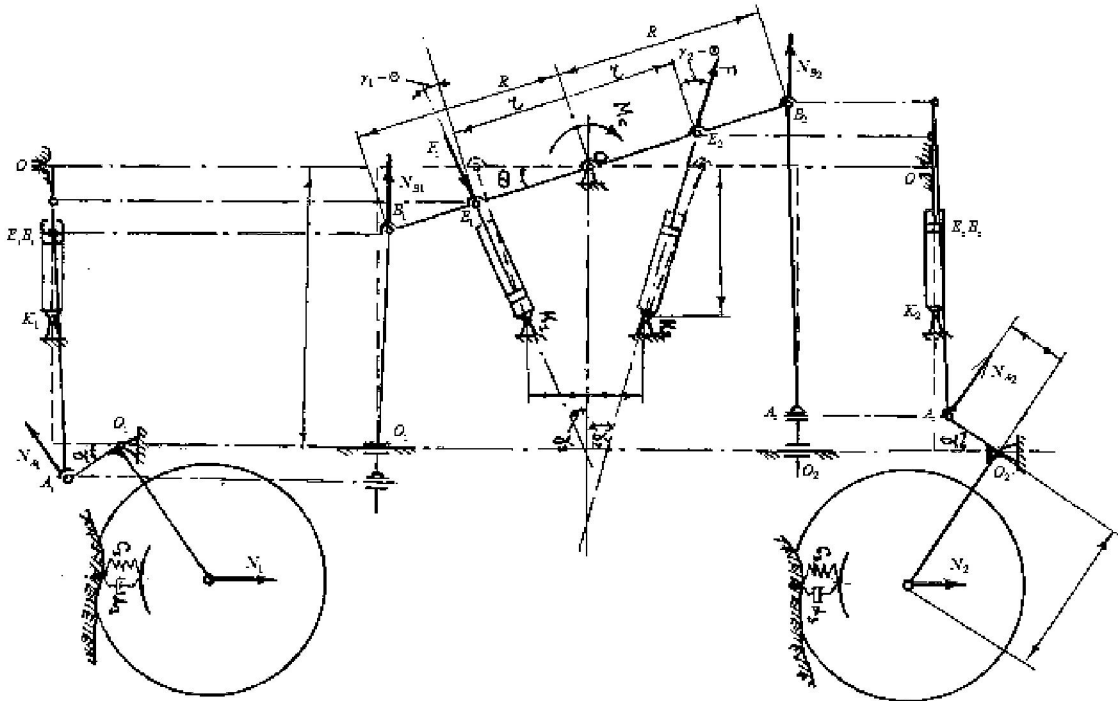


Рис. 1. Кинематическая схема исполнительного механизма САС крутосклонного трактора МТЗ-82К

Выражение (1) можно записать в иной форме:

$$S_0 y = S_1 \delta_1 + S_2 \delta_2, \quad (3)$$

где S_1, S_2 – площади штоковой и бесштоковой полостей гидроцилиндров соответственно; δ_1, δ_2 – перемещение левого и правого штоков гидроцилиндров соответственно; $S_0 y$ – перемещение штока гидроцилиндра.

При повороте коромысла A_1, A_2 механизма выравнивания склонохода МТЗ-82К относительно точки вращения O на угол под действием гидроцилиндров шток каждого из них перемещается соответственно на расстояния δ_1 и δ_2 , определяемые выражениями

$$\begin{aligned} \delta_1 &= O_1 B_1 - O_1 B'_1; \\ \delta_2 &= O_2 B'_2 - O_2 B_2, \end{aligned} \quad (4)$$

где $O_1 B_1, O_1 B'_1, O_2 B_2, O_2 B'_2$ – расстояния между точками, указывающими положение элементов механизма выравнивания на схеме.

Конструктивно механизм выполнен таким образом, что всегда справедливо условие

$$O_1 B'_1 = O_2 B_2 = l_n = \sqrt{l_1^2 + (r - l_2)^2}.$$

Расстояния $O_1 B_1$ и $O_2 B_2$ можно определить через угол поворота коромысла и параметрами элементов выравнивающего механизма:

$$\begin{aligned} O_1 B_1 &= \sqrt{(l_1 + r \sin \Theta)^2 + (r \cdot \cos \Theta - l_2)^2}; \\ O_2 B_2 &= \sqrt{(l_1 - r \sin \Theta)^2 + (r \cdot \cos \Theta - l_2)^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставив выражения (1), (2), (5) в (4), получим

$$\delta_1 = \sqrt{L + 2r(l_1 \sin \Theta - l_2 \cos \Theta)} - l_{11};$$

$$\delta_2 = l_{11} - \sqrt{L - 2r(l_1 \sin \Theta - l_2 \cos \Theta)}, \quad (6)$$

где

$$L = l_1^2 + l_2^2 + r^2. \quad (7)$$

Тогда уравнение (3) с учетом выражений (5) и (6) будет иметь вид:

$$S_1[VL + 2r(l_1 \sin \Theta - l_2 \cos \Theta) - l_{11}] + S_2[l_{11} - \sqrt{L - 2r(l_1 \sin \Theta - l_2 \cos \Theta)}] = S_0 y. \quad (8)$$

Полученное трансцендентное уравнение характеризует зависимость изменения угла поворота коромысла от перемещения штока эквивалентного гидроцилиндра.

Параметры γ_1 и γ_2 определяются следующими соотношениями:

$$\gamma_1 = \arcsin\left(\frac{R \cos \Theta - l_2}{c + \delta_1}\right);$$

$$\gamma_2 = \arcsin\left(\frac{R \cos \Theta - l_2}{c - \delta_2}\right). \quad (9)$$

Для определения параметра γ угла поворота бортового редуктора от угла поворота коромысла обратимся к расчетной схеме, приведенной на рис. 1.

Из треугольника $B_1 C_1 K$ видно, что длина продольной тяги выравнивающего механизма равна:

$$l_3^2 = (B_1 k)^2 + (C_1 k)^2, \quad (10)$$

где

$$B_1 k^2 = (R \sin \Theta + l_3 - l_4 \sin \gamma)^2 + R^2(1 - \cos \Theta)^2;$$

$$C_1 k^2 = (1 - \cos \gamma)^2 \cdot l_4^2.$$

Подставив значения (9) и (10) в выражение (8) и возведя правую часть уравнения в квадрат, после несложных формальных преобразований получим трансцендентное уравнение вида

$$-l_4^2 \cos \gamma - l_4(R \sin \Theta + l_3) \sin \gamma + R(R + l_3 \sin \Theta - R \cos \Theta) = 0. \quad (11)$$

Для получения уравнений кинематических связей выравнивающего механизма соотношения (10) и (11) продифференцируем по времени, в результате

$$B_1 \dot{\Theta} = S \dot{y};$$

$$B_2 \dot{\Theta} - B_3 \dot{\delta}_1 = 0;$$

$$B_4 \dot{\Theta} - B_5 \dot{\delta}_2 = 0;$$

$$B_6 \dot{\Theta} + B_7 \dot{\delta}_1 + B_8 \dot{\gamma}_1 = 0;$$

$$B_9 \dot{\Theta} - B_{10} \dot{\delta}_1 + B_{11} \dot{\gamma}_2 = 0;$$

$$B_{12} \dot{\Theta} - B_{13} \dot{\gamma} = 0,$$

где B_i ($i = 1, 2, \dots, 13$) – коэффициенты при старших производных:

$$B_1 = \left[\frac{S_1 r(l_1 \cos \Theta + l_2 \sin \Theta)}{\sqrt{L + 2r(l_1 \sin \Theta - l_2 \cos \Theta)}} + \frac{S_2 r(l_1 \cos \Theta - l_2 \sin \Theta)}{\sqrt{L - 2r(l_1 \sin \Theta + l_2 \cos \Theta)}} \right];$$

$$B_2 = r(l_1 \cos \Theta + l_2 \sin \Theta);$$

$$B_3 = \sqrt{L + 2r(l_1 \sin \Theta - l_2 \cos \Theta)};$$

$$B_4 = r(l_1 \cos \Theta - l_2 \sin \Theta);$$

$$B_5 = \sqrt{L - 2r(l_1 \sin \Theta + l_2 \cos \Theta)};$$

$$B_6 = r \cdot \sin \Theta (C_0 + \delta_1);$$

$$B_7 = r \cdot \cos \Theta - l_2;$$

$$B_8 = (C_0 + \delta_1)^2 \cos \gamma_2;$$

$$B_9 = r \cdot \sin \Theta (C_0 - \delta_1);$$

$$B_{10} = r \cdot \cos \Theta - l_2;$$

$$B_{11} = (C_0 - \delta_1) \cos \gamma_2;$$

$$B_{12} = R(l_3 \cos \Theta + R \sin \Theta - l_4 \cos \Theta \sin \gamma);$$

$$B_{13} = l_4 (R \sin \Theta \cos \gamma - l_3 \cos \gamma + l_4 \sin \gamma).$$

Тогда уравнение динамики гидропривода можно представить системой дифференциальных уравнений первого

порядка, разрешенной относительно первых производных:

$$\begin{aligned}\dot{\Theta} &= \frac{S}{B_1} \dot{y}; \\ \dot{\delta}_1 &= \frac{B_2}{B_3} \cdot \frac{S}{B_1} \dot{y}; \quad \dot{\delta}_2 = \frac{B_4}{B_5} \cdot \frac{S}{B_1} \dot{y}; \\ \dot{\gamma}_1 &= - \left(\frac{B_6}{B_8} - \frac{B_7}{B_8} \cdot \frac{B_2}{B_3} \right) \frac{S}{B_1} \dot{y}; \\ \dot{\gamma}_2 &= \left(\frac{B_{10} B_2}{B_3} - B_9 \right) \frac{S}{B_1 B_{11}} \dot{y}; \\ \dot{\gamma} &= \frac{B_{12}}{B_{13}} \cdot \frac{S}{B_1} \dot{y};\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{y} &= [k_v \sqrt{1 - \frac{\sum P}{F \cdot P_0}} \operatorname{sign} x - A_8 \dot{z}_4 + A_8 \dot{z}_3]: \\ &: [A_2 + \frac{S}{B_1} [A_1 + \frac{A_3 B_2}{B_3} - \frac{A_4 B_4}{B_5} - \frac{A_5}{B_8} \times \\ &\times \left(B_6 - \frac{B_7 B_2}{B_3} \right) + \frac{A_6}{B_{11}} \left(\frac{B_2 B_{10}}{B_3} - B_9 \right) + \frac{A_7 B_{12}}{B_{13}}].\end{aligned}$$

Выводы

Получена математическая модель исполнительного механизма системы автоматической стабилизации (САС) остова склонохода (крутосклонного колесного трактора) с гидроприводом, позволяющая установить взаимосвязь между кинематическими параметрами механизма стабилизации и характеристиками гидропривода исполнительного механизма, что в совокупности с моделью колебаний масс остова машины представляет цельную систему управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башта, Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1972. – 320 с.
2. Колесные тракторы для работы на склонах / П. А. Амельченко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1978. – 246 с. : ил.

Статья сдана в редакцию 4 мая 2012 года

Зара Сергеевна Салбиева, инженер, Горский аграрно-технический университет. E-mail: lms53@mail.ru.
Мурат Савкузович Льянов, д-р техн. наук, проф., Горский аграрно-технический университет. Тел.: 8-107-8672-53-28-84.
Игорь Сергеевич Сазонов, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-26-61-00.
Петр Адамович Амельченко, д-р техн. наук, проф., Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси. Тел.: 8-017-284-15-62.

Zara Sergeyevna Salbiyeva, engineer, Gorsky State Agrarian University. E-mail: lms53@mail.ru.
Murat Savkuzovich Lyanov, DSc, Professor, Gorsky State Agrarian University. Tel.: 8-107-8672-53-28-84.
Igor Sergeyevich Sazonov, DSc, Professor, Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-26-61-00.
Petr Adamovich Amelchenko, DSc, Professor, United Institute of Machine Building of the NAN of Belarus. Tel.: 8-017-284-15-62.