УДК 62-3:62-755

СТАТИЧЕСКОЕ УРАВНОВЕШИВАНИЕ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

В.А. Дубовик, В.М. Замятин

Томский политехнический университет
E-mail: zamyatin@mail2000.ru

Получены условия автоматического уравновешивания маятниками кривошипно-шатунного механизма, расположенного на горизонтальной платформе с упругими связями.

Явление самосинхронизации [1] широко используется в системах автоматической балансировки вращающихся роторов [1, 2].

В данной работе показывается возможность использования синхронизации и для уравновешивания стержневых механизмов, в частности, кривошипно-ползунных.

Механическая модель рассматриваемого механизма представлена на рис. 1, где 1, 2 – маятники, подвижно установленные на оси кривошипа – 3; 4 – шатун; 5 – ползун; $M_к$ – корректирующая точка; C_i (i = 1, ... 4) – центры масс звеньев. Механизм установлен на горизонтальной платформе, совершающей поступательное движение в плоскости $\xi O\eta$.

Кривошип вращается с постоянной угловой скоростью $\dot{\varphi} = \Omega$.

За обобщенные координаты принимаем координаты оси вращения кривошипа B – ξ, η и углы γ_1, γ_2, определяющие положения маятников относительно платформы. Вводим обозначения $BC_3 = S_3$, $DC_4 = S_4$, $DM_k = S_k$, $BC_i = a_i$ (i = 1, 2), $BD = l_3$, $DE = l_4$; m_0, m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, $m_к$ – массы соответственно платформы, 1-го и 2-го маятника, кривошипа, шатуна, ползуна и корректирующей точки, I_{Bi} – (i = 1, 2) – моменты инерции маятников относительно оси вращения B. С помощью уравнений Лагранжа 2-го рода получаем дифференциальные уравнения движения механической системы:

$$M\ddot{\xi} - \Omega^2 A_0 \cos\varphi - A_1(\ddot{\gamma}\sin\gamma + \dot{\gamma}^2\cos\gamma) - \sum_{i=1}^{2} m_i a_i(\ddot{\gamma}_i \sin\gamma_i + \dot{\gamma}_i^2 \cos\gamma_i) = Q_\xi;$$

$$M\ddot{\eta} - \Omega^2 A_0 \sin\eta - A_1(\ddot{\gamma}\cos\gamma - \dot{\gamma}^2\sin\gamma) + \sum_{i=1}^{2} m_i a_i(\ddot{\gamma}_i \cos\gamma_i - \dot{\gamma}_i^2 \sin\gamma_i) = Q_\eta; \quad (1)$$

$$I_{Bi}\ddot{\gamma}_i + m_i a_i(\ddot{\eta}\cos\gamma_i - \ddot{\xi}\sin\gamma_i) = Q_{\gamma i}. \quad (2)$$

Здесь

$$M = \sum_i^5 m_i + m_k;\ A_0 = m_3 S_3 + (m_4 + m_5 + m_k) l_3;$$

$$A_1 = m_4 S_4 + m_5 l_4 - m_k S_k;\ \varphi = \Omega t.$$

Обобщенные силы, соответствующие силам упругости и сопротивления, имеют вид:

$$Q_\xi = -c_\xi(\xi - \xi_0);\ Q_\eta = -c_\eta(\eta - \eta_0); \quad (3)$$

$$Q_{\gamma i} = -h_\gamma(\dot{\gamma}_i - \dot{\eta}),$$

где ξ_0, η_0 – координаты оси вращения кривошипа при равновесии механизма; c_ξ, c_η, h_γ – коэффициенты пропорциональности упругих сил и момента сил вязкого сопротивления.

Стационарное решение системы ур. (1, 2), при котором маятники вращаются совместно с кривошипом, ищем в виде:

$$\dot{\gamma}_i = \dot{\eta} = \Omega;\ \gamma_i = \Omega t + \Theta_i. \quad (4)$$

Здесь Θ_i – постоянные, определяющие положения маятников относительно кривошипа.

Для уравновешивания механизма значения Θ_i должны быть такими, при которых платформа не движется, т.е. при которых

$$\xi = \xi_0;\ \eta = \eta_0. \quad (5)$$

Зависимости (4, 5) удовлетворяют ур. (2). Подставляем (3–5) в ур. (1), выбираем параметры механической системы и постоянные Θ_i таким образом, чтобы эти условия выполнялись. При одинаковых массах и длинах маятников $m_1 = m_2 = m$, $a_1 = a_2 = a$ получаем значение корректирующей массы

$$m_k = (m_4 S_4 + m_5 l_4)/S_k \quad (6)$$

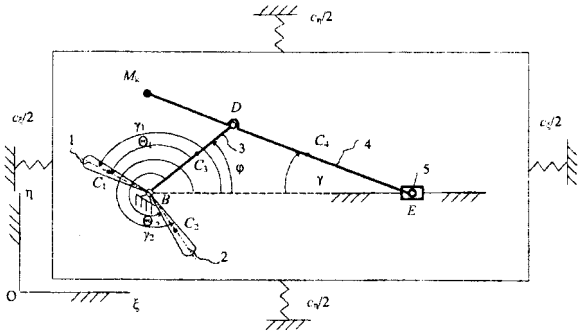

Рис. 1. *Механическая модель кривошипно-ползунного механизма*

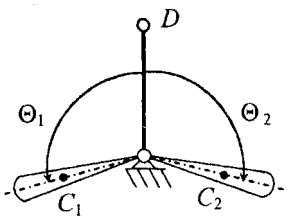

Рис. 2. *Схема расположения маятников*

и уравнения для определения постоянных Θ_1, Θ_2:

$$\cos\Theta_1 + \cos\Theta_2 = -A_0 / ma;$$

где $0 \le \frac{A_0}{ma} \le 1;\ \sin\Theta_1 + \sin\Theta_2 = 0.$ (7)

Из (6) следует, что центр масс шатуна, ползуна и массы m_k находится в точке D шарнирного соединения шатуна с кривошипом. Это одно из условий уравновешивания шарнирно-ползунного механизма, которое приводится в [3].

Система ур. (7) имеет решение, соответствующее реальному положению маятников:

$$\Theta_2 = -\Theta_1;\ \Theta_1 = \arccos\left(-\frac{A_0}{2ma}\right). \quad (8)$$

Расположение маятников, соответствующее ур. (8), показано на рис. 2.

Следовательно ур. (7, 8) является условием отсутствия движения платформы, т.е. условием уравновешивания механизма.

Ур. (1, 2) при выполнении (6) совпадают с уравнениями движения ротора с шарами [2]. Отсюда условие устойчивости стационарного движения (4, 5, 8), т.е. условие статического уравновешивания механизма при удовлетворении его параметров соотношениям (6) и (9), по аналогии с [2], запишем в виде:

$$\omega_\xi < \Omega < \omega_p;\quad \omega_\eta < \Omega,$$

где

$$\omega_\xi = \frac{c_\xi}{M};\ \omega_\eta = \frac{c_\eta}{M};\ \omega_p^2 = (\omega_\xi^2 + \omega_\eta^2)/2;\ \omega_\xi < \omega_\eta.$$

Рассмотренный способ уравновешивания кривошипно-ползунного механизма с помощью маятников более предпочтителен, чем рассмотренный в работе [3], где для уравновешивания механизма используют противовесы на кривошипе и шатуне так, что центр масс остается неподвижным. Преимущество изложенного способа заключается в том, что он осуществляется автоматически за счет синхронизации движения маятника и кривошипа.

Авторы отмечают, что статья является развитием работ В.П. Нестеренко, внесшего большой вклад в разработку принципов автоматической балансировки роторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. – М.: Наука, 1971. – 796 с.
2. Нестеренко В.П. Автоматическая балансировка роторов приборов и машин со многими степенями свободы. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1985. – 85 с.
3. Щепетильников В.А. Уравновешивание механизмов. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.

УДК 004.3:681.3

ВЫЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ В СОЦИАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Е.А. Муратова, О.Г. Берестнева

Томский политехнический университет
E-mail: helmu@mail.ru

Рассматриваются методы выявления скрытых закономерностей, позволяющие выявить присущие исследуемой предметной области устойчивые закономерности в виде логических правил, с последующим построением их метаструктуры. Описывается принцип формирования фиктивных бинарных переменных. Построение метаструктуры является весьма существенным для построения баз знаний, требующих ввода понятий, метапонятий и семантических отношений на основе множества фрагментов знаний о предметной области.

Введение

При решении задачи формирования базы знаний для интеллектуальных медицинских (в том числе психологических и психодиагностических) систем используют методы, позволяющие выявить присущие исследуемой предметной области устойчивые закономерности на основе имеющихся данных с привлечением или без привлечения экспертов. Следовательно, результаты решения одной и той же диагностической задачи разными методами будут в какой-то мере отличаться друг от друга. На наш взгляд, совместное использование полученных решений позволит повысить качество распознавания, классификации и прогнозирования при использовании минимального количества диагностических прецедентов.

Имеющийся опыт работы со специалистами-диагностами (врачами, психологами, психотерапевтами и др.) показал, что математические решения