

УДК 621.01

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ ПЯТИЗВЕННОГО КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА С ОДНОЙ ПОСТУПАТЕЛЬНОЙ ПАРОЙ

Дворников Л.Т.¹, Садиева А.Э.², Кокоева У.У.²

¹Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк;

²Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова, г. Бишкек, Кыргызстан

Задача кинетостатического исследования пятизвеного кулачкового механизма со сложным толкателем с вращательными парами решалась в работе[1]. Рассмотрим задачу кинетостатического исследования кулачкового механизма со сложным толкателем с одной поступательной парой.

На рисунке 1.а показан кулачковый механизм со сложным толкателем [2], в котором одно из звеньев (выходное) перемещается относительно стойки поступательно.

Работает этот механизм следующим образом. Кулачок 1, взаимодействуя со звеном 2, приводит в движение звенья 2,3,4. Выходным звеном является звено 4, которое движется поступательно. В высшей (точечной) кинематической паре A , через которую ведущее звено 1 передает движение шатуну 2, выделим две точки A_1 и A_2 , принадлежащие соответственно звеньям 1 и 2.

Предположим, что силы инерции звеньев механизма приведены к силам $F_{u_1}, F_{u_2}, F_{u_3}, F_{u_4}$. Силы инерции и силы тяжести G_1, G_2, G_3, G_4 звеньев приложены в центрах тяжести звеньев q_1, q_2, q_3, q_4 , а к звеньям 3 и 4 приложены также моменты инерции M_3 и M_4 . Если не учитывать трения, то реакция в кинематической паре A направлена по нормали к профилю кулачка.

Рассмотрим силовой анализ группы Ассура [3] (рисунок 2). Построим предварительно план ускорений всего механизма (рисунок 1б). Силы инерции определяются как $F_{u_1} = -m_1 \cdot a_{q_1}, F_{u_2} = -m_2 \cdot a_{q_2}, F_{u_3} = -m_3 \cdot a_{q_3}, F_{u_4} = -m_4 \cdot a_{q_4}$ и направлены в сторону, обратную ускорениям $\bar{a}_{q_1}, \bar{a}_{q_2}, \bar{a}_{q_3}, \bar{a}_{q_4}$.

Выделяем звено 3 (O_2B). Из уравнения суммы моментов относительно точки B , определим тангенциальную составляющую реакции в шарнире $O_2 (R_{O_2}^t)$

$$\sum_{\text{звено 3}} M(B) = R_{O_2}^t \cdot l_{BO_2} - F_{u_3} \cdot h_8 + G_3 h_7 + M_3 = 0,$$

откуда
$$R_{O_2}^t = \frac{F_{u_3} \cdot h_8 - G_3 h_7 - M_3}{l_{BO_2}}.$$

Аналогично определим реакцию в поступательной паре $O_3 (R_{O_3}^n)$, которая направлена перпендикулярно направляющей $X-X$, составив уравнение

$$\sum_{\text{звено 4}} M(C) = -R_{O_3}^n \cdot l_{CO_3} - G_4 h_9 + M_4 = 0,$$

откуда
$$R_{O_3}^n = \frac{M_4 - G_4 h_9}{l_{CO_3}}.$$

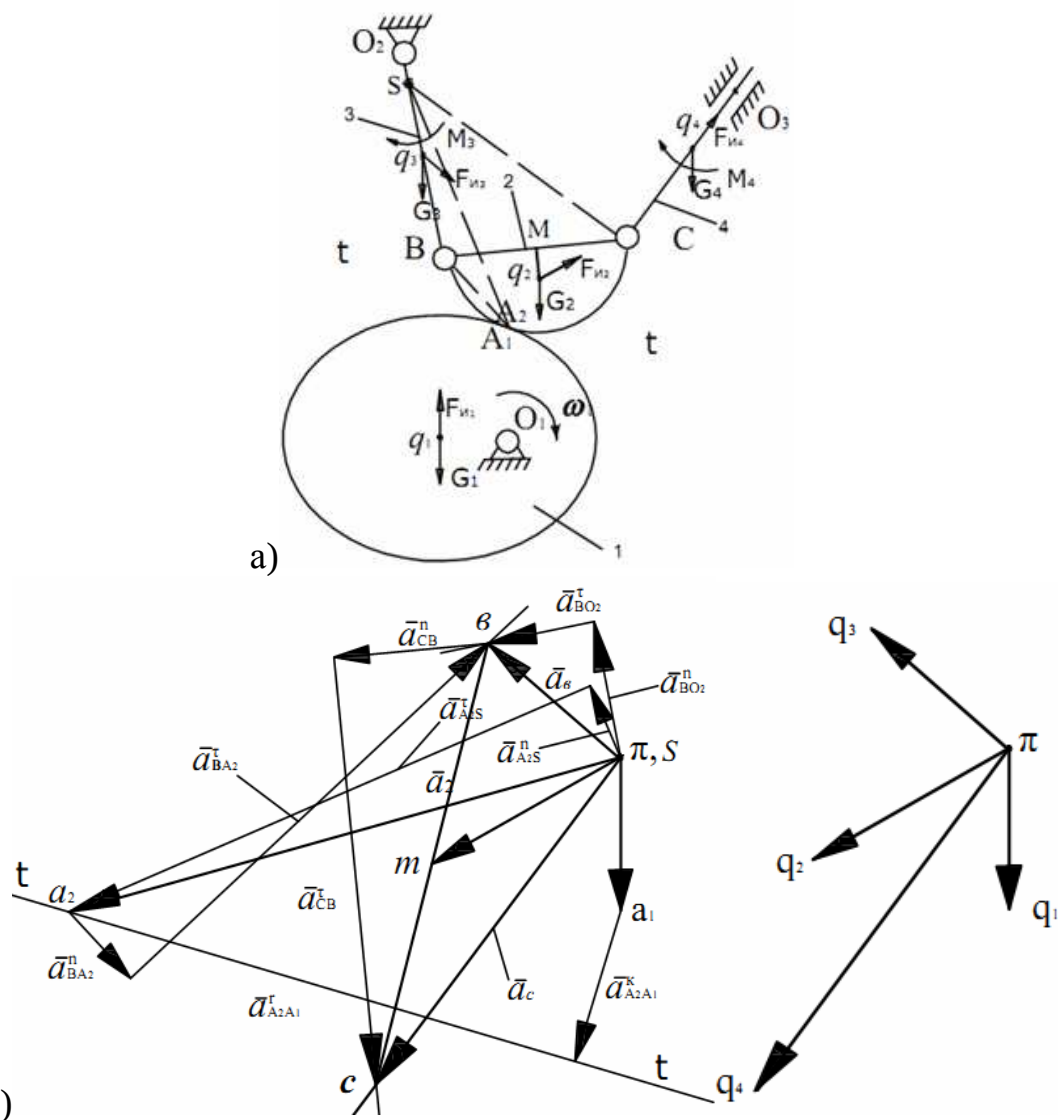


Рис. 1 – Пятизвенный кулачковый механизм с одной поступательной парой и его план ускорений

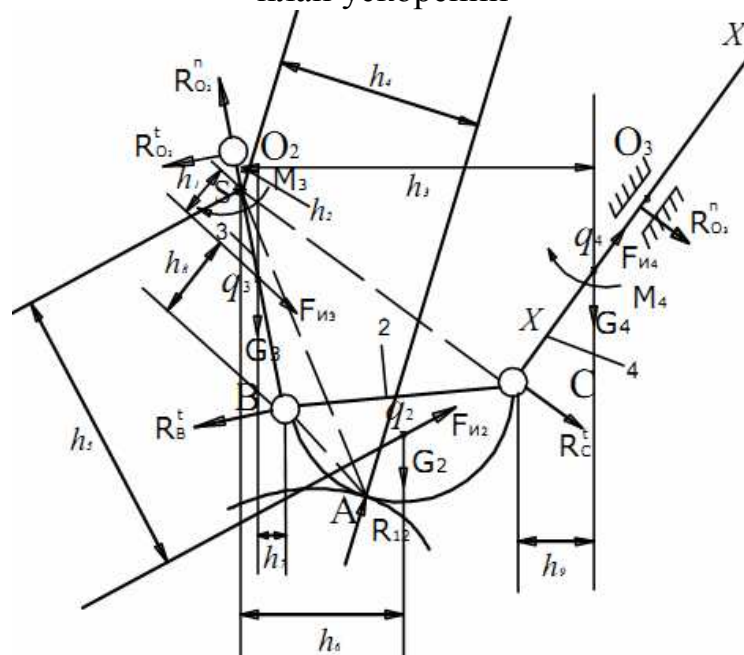


Рис. 2 – Трехзвенная группа Ассура с одной кинематической парой p_4 и одной поступательной парой p_5

Относительно центра мгновенных скоростей звена 2 (точка S), который лежит на пересечении продолжения линии звена O_2B и перпендикуляра к поступательно движущемуся звену 4 CO_3 . Эта точка является мгновенно неподвижной, а потому находится в полюсе плана ускорений. Составив уравнение суммы моментов всех сил, действующих на группу относительно точки S , можно определить реакцию R_{12} в кинематической паре A .

Из зависимости

$$\sum_{\text{группа}} M(S) = R_{O_2}^t \cdot l_{O_2S} + F_{u_3} \cdot h_1 - R_{O_3} \cdot l_{CO_3} - G_3 h_2 - G_4 h_3 + R_{12} h_4 + F_{u_2} h_5 - G_2 h_6 + \\ + M_3 + M_4 = 0,$$

откуда

$$R_{12} = \frac{-R_{O_2}^t \cdot l_{O_2S} + l_S - F_{u_3} \cdot (h_2 + l_{BS}) + R_{O_3} \cdot (l_{CO_3} + l_{CS}) + G_3 h_1}{h_6} + \\ + \frac{G_4 h_3 - F_{u_2} h_5 + G_2 h_6 - M_3 - M_4}{h_6}.$$

Реакция $\bar{R}_{O_2}^n$ определится из уравнения векторной суммы всех сил, действующих на звено 3

$$\sum_{\text{группа}} \bar{F} = \bar{R}_{O_2}^n + \bar{R}_{O_2}^t + \bar{G}_3 + \bar{F}_{u_3} = 0.$$

Как это показано на рисунке 3

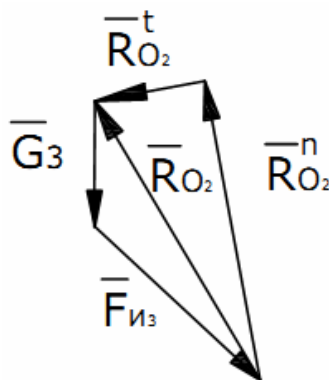


Рис. 3 – План сил третьего звена

Рассматривая далее равновесие третьего и четвертого звеньев, из векторных уравнений сумм сил, действующих на них, могут быть найдены полные реакции в шарнирах B и C (рисунок 4).

Для определения неизвестной силы реакции в шарнире B ($\bar{R}_B$) составим векторное уравнение сил действующих на звено 3

$$\bar{R}_{O_2} + \bar{F}_{u_3} + \bar{G}_3 + \bar{R}_B = 0.$$

Аналогично неизвестная реакция $\bar{R}_C$ определится из уравнения

$$\bar{R}_{O_3} + \bar{F}_{u_4} + \bar{G}_4 + \bar{R}_C = 0.$$

Геометрическое решение этих четырех векторных уравнений показано на рисунке 4.

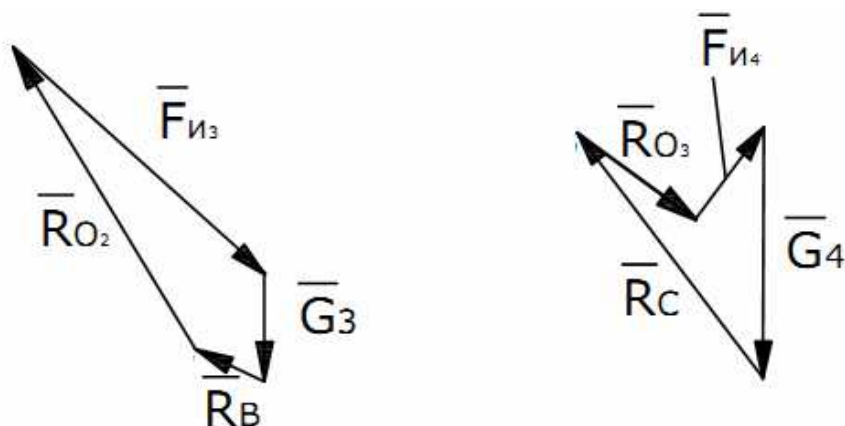


Рис. 4 – Планы сил для третьего и четвертого звеньев

Рассматривая далее равновесие первого звена, из векторного уравнения суммы сил, действующих на него,

$$\bar{G}_1 + \bar{R}_{12} + \bar{F}_{и1} + \bar{R}_{O1} = 0$$

становится возможным найти полную реакцию в шарнире O_1 (рисунок 5).

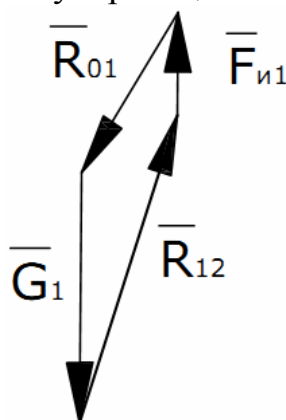


Рис. 5 – План сил для первого звена

Таким образом, задача о кинетостатическом исследовании кулачкового механизма со сложным толкателем, содержащим в своем составе поступательную кинематическую пару является вполне разрешимой.

Список литературы

1. Садиева А.Э., Кокколова У.У., Душенова М.А. Силовой анализ пятизвенных кулачковых механизмов // Материалы международной научно-практической интернет конференции «Инновационный потенциал развития науки и технологии», посвященной юбилею академика МИА, д.х.н., проф. Баткибековой М.Б. 10-11 декабря 2015.
2. Кыргыз патент №1665. Пятизвенный кулачковый механизм со сложным толкателем. Заявка № 20130050.1 13.2013 / Дворников Л.Т., Садиева А.Э., Кокколова У.У., Душенова М.А.
3. Дворников Л.Т., Садиева А.Э., Кокколова У.У. Синтез структур групп Ассур кулачковых механизмов // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика О.Д. Алимова. – Бишкек, 2013. – С. 67-69.