

и на ось  $O_1y$

$$l_{O_1O_3} \sin \angle xO_1O_3 = l_{O_1A} \sin \phi_1 + l_{AH} \sin \phi_2 - l_{HF} \sin \phi_7 + l_{FO_3} \sin(\phi_6 - 180^\circ - \angle FO_3E). \quad (2)$$

Рассмотрим далее контур  $O_1MCBA$ . Составим для него векторное уравнение и спроецируем его на оси  $O_1x$  и  $O_1y$

$$\overrightarrow{O_1M} = \overrightarrow{MC} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{AO_1};$$

$$0 = l_{MC} - l_{CB} \cos \phi_3 - l_{BA} \cos(180^\circ - \angle HAB - \phi_2) + l_{AO_1} \cos \phi_1; \quad (3)$$

$$-l_{O_1M} = -l_{CB} \sin \phi_3 + l_{BA} \sin(180^\circ - \angle HAB - \phi_2) - l_{AO_1} \sin \phi_1. \quad (4)$$

Векторное уравнение и проекции его на координатные оси для контура  $O_3O_1NDE$  запишутся в виде

$$\overrightarrow{O_3O_1} = \overrightarrow{O_1N} + \overrightarrow{ND} + \overrightarrow{DE} + \overrightarrow{EO_3};$$

$$-l_{O_3O_1} \cos \angle xO_1O_3 = -l_{ND} - l_{DE} \cos \phi_5 - l_{EO_3} \cos \phi_6; \quad (5)$$

$$-l_{O_3O_1} \sin \angle xO_1O_3 = -l_{O_1N} - l_{DE} \sin \phi_5 - l_{EO_3} \sin \phi_6. \quad (6)$$

Перемещение ползуна 4 удобнее измерять от крайнего левого положения механизма, когда точки  $C$  и  $B$  занимают положение  $C_0$  и  $D_0$  соответственно. Тогда

$$l_{MC} = l_{MC_0} + s;$$

$$l_{ND} = l_{ND_0} + s.$$

С учетом этого, в уравнениях (1) – (6) останется шесть неизвестных:  $\phi_2, \phi_3, \phi_5, \phi_6, \phi_7$  и  $s$ . Решив совместно эти уравнения, найдём углы, определяющие положение всех звеньев исследуемого механизма, и величину перемещения ползуна при любом положении  $\phi_1$  ведущего звена.

Далее, дважды продифференцировав эту систему уравнений по времени, получим две системы дифференциальных уравнений – первого и второго порядка. Решая систему первого порядка, сможем определить скорости всех точек звеньев, решая систему второго порядка – ускорения.

Проведение таким методом исследования механизма трехщечковой дробильной машины позволяет с высокой точностью определить все его кинематические характеристики.

#### Список литературы

1. Чашников Д.О. Кинематическое исследование плоского восьмизвенного механизма шестого класса с поступательной парой / Д.О. Чашников, В.В. Гаряшин, Л.Т. Дворников // Успехи современного естествознания. – 2011. – №7. С. 231-232.
2. Зиновьев В.А. Курс теории механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 204 с.

### К ЗАДАЧЕ О СОЗДАНИИ ПЛАТФОРМЕННЫХ МЕХАНИЗМОВ

Шерстюк А.В., Полосухин А.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, e-mail: monitor1401@rambler.ru

В последние десятилетия широкий интерес в теории машин вызывают так называемые платформенные механизмы, или механизмы с параллельными ветвями. Сравнительно недавно такие механизмы стали называть гексаподами. Товарный знак «гексапод» (англ. – hexapod) был зарегистрирован компанией Geodetic Technology. Гексапод (Hexapod) (от греческого слова «ἑξή – ехi», что означает «шесть» и слова «podos», что означает «нога») – это шестиногий робот, представляющий собой конструкцию, построенную на мехотронных модулях линейного движения, в основе которых лежат механизмы с параллельными ветвями. Т.к. положение любого тела в пространстве может быть заданно шестью координатами, то

именно шестью независимыми движениями ведущих звеньев можно обеспечить их функционирование. Первый такой механизм – платформа Стюарта была запатентована в 1965 г. [1].

Применительно к механизмам с параллельными ветвями очевидными являются следующие соображения [2]:

- Платформа таких механизмов есть наиболее сложное базисное звено цепи, т.е. может быть принято за  $\tau$ -угольник;

- Число ветвей цепи  $\gamma$  определяется сложностью  $\tau$  – угольника, т.е.  $\tau = \gamma$ , при этом речь о параллельных ветвях может идти лишь в случае, когда  $\tau \geq 2$ ;

- Если ветви цепи одинаковы, то число звеньев в каждой ветви  $n_b$  есть общее число звеньев цепи, кроме платформы  $(n - 1)$  отнесенное к  $\tau$ , т.е.  $n_b = \frac{n-1}{\tau}$ ,

а число кинематических пар в каждой ветви цепи  $p_b = \frac{p}{\tau}$ , где  $p$  – общее число кинематических пар цепи.

Любая кинематическая цепь может быть описана универсальной структурной системой вида:

$$\begin{cases} \sum p_k = \tau + (\tau - 1)n_{\tau-1} + \dots + i \cdot n_i + \dots + 2n_2 + n_1, \\ n = 1 + n_{\tau-1} + \dots + n_i + \dots + n_2 + n_1 + n_0, \\ W = (6 - m)n - \sum (k - m)p_k \cdot (k - m), \end{cases} \quad (1)$$

где  $\tau$  – число геометрических элементов (кинематических пар) наиболее сложного базисного звена цепи ( $\tau$ -угольника);  $n_i$  – число звеньев, добавляющих в цепь по  $i$  кинематических пар;  $n$  – общее число звеньев цепи;  $m$  – число общих связей, накладываемых на цепь (по Добровольскому В.В.);  $k$  – класс применяемых кинематических пар.

Решение системы (1) пригодно для синтеза любых кинематических цепей, включая цепи с параллельными ветвями.

Если использовать дополнительные платформы, которым будет задаваться движения относительно первой платформы посредством кинематических ветвей (рисунок), то на выходном звене получится абсолютно уникальное движение. Т.о, комбинируя механизмы с параллельными ветвями и механизмы с открытой кинематической цепью, можно создавать такие механизмы, которые будут обладать более высокой точностью позиционирования, грузоподъемностью, жесткостью, по сравнению с механизмами с открытой кинематической цепью, и иметь большую рабочую зону, в отличие от параллельных механизмов.

Использование дополнительной платформы в механизмах с параллельными ветвями уже известно в мировой практике. Так, например, в Германии 16 октября 1997 г. на «Three-dimensional, adjustable universal joint, for robotics, manipulators» был получен патент. Данное изобретение имеет шесть степеней свободы, и предназначено для использования в устройствах обработки, роботах, хирургических инструментах или аналогичных устройствах [3].

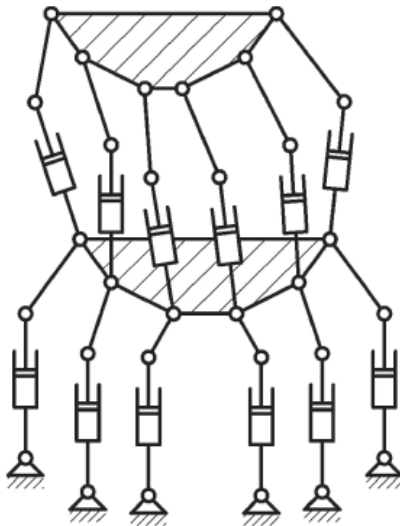


Схема плоского двухплатформенного гексапода

#### Список литературы

1. Steward D. A platform with six degrees of freedom // Proc. Inst. Mech. Eng. – 1965. Vol.180, pt 1, №15. – P. 371-386.
2. Дворников Л.Т. К вопросу о синтезе структур механизмов с параллельными ветвями // Материалы девятой научно-практической конференции по проблемам машиностроения и горных машин. – Новокузнецк, 1999. – С. 7-20.
3. DE 19606521 (Prieto Doerfel Daniel), 16.10.1997, фиг. 1-2.

#### ЗАДАЧА О ПОЛОЖЕНИЯХ СЕМИЗВЕННОГО ПЛОСКОГО МЕХАНИЗМА С ДВУМЯ ПОДВИЖНЫМИ ГИДРОПРИВОДАМИ

Шерстюк А.В.

Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, e-mail: monitor1401@rambler.ru

В работе [1] автором была обоснована схема семизвеного плоского механизма с двумя подвижными гидроприводами. Обратимся к решению задачи о его положениях. Механизм (рис. 1) состоит из шести подвижных звеньев ( $n = 6$ ), соединенных между собой и со стойкой в восемь пар  $p_5 = 8$ . Его подвижность по формуле П.Л. Чебышева  $W = 3n - 2p_5$  равна

двум ( $W = 2$ ). Это означает, что определенность его движения будет обеспечена лишь в случае задания движения двум его звеньям. Задачу будем решать, задавая последовательно значения угла наклона гидроцилиндра 6, при фиксированных положениях поршня гидродомкрата 6-5.

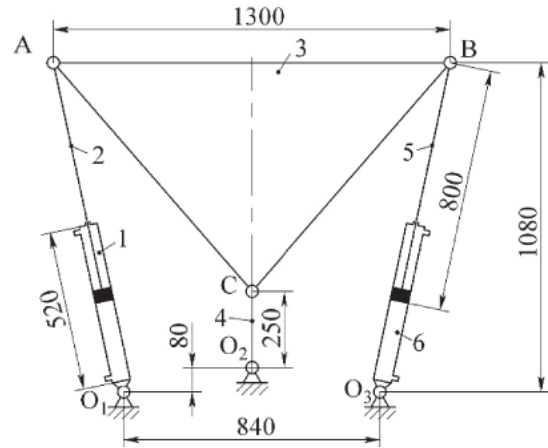


Рис. 1. Схема механизма

Зафиксируем поршень 5 в нижнем положении относительно гидроцилиндра 6 и, изменяя наклон гидроцилиндра 6 на равные углы, построим семь положений механизма (рис. 2). При этом в качестве переменных будем фиксировать углы отклонения гидроцилиндров  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . Нулевое положение механизма соответствует минимально возможному значению угла  $\varphi_1$ , а шестое положение – его максимально возможному значению. Задавая далее различные положения поршня гидродомкрата 6-5, построим графики изменения углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  (рис. 3). Полученные графики позволяют находить положения механизма при любых заданных значениях смещений поршней левого и правого гидродомкратов.

Так, на рис. 4 построены четыре положения механизма при заданных равных смещениях поршней обоих гидродомкратов.

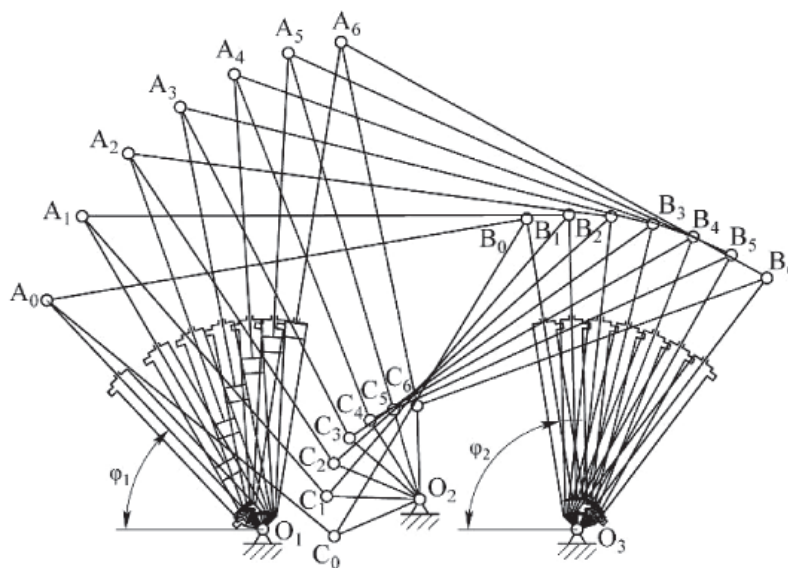


Рис. 2. Построение при неподвижном поршне гидродомкрата 6-5