

Особов А.Ю. студент гр. ИМмм-12-1

(Государственный ВУЗ «Национальный горный университет»)

## IT ТЕХНОЛОГИИ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

В курсовом проекте на тему: «Анализ и синтез механизмов качающегося конвейера» одной из задач является силовой анализ плоского рычажного механизма.

Длительное время в основе анализа механизмов, как кинематического, так и силового, лежали графические построения.

С развитием компьютерных технологий классические графические и графоаналитические методы утратили актуальность, уступив различным аналитическим методам.

В настоящем проекте представлено решение задачи определения реакций в кинематических парах плоского рычажного механизма качающегося конвейера с помощью программного продукта Mathcad аналитическим методом, изложенным в [1,2].

Векторное представление звеньев рычажного механизма качающегося конвейера представлено на (рис.1)

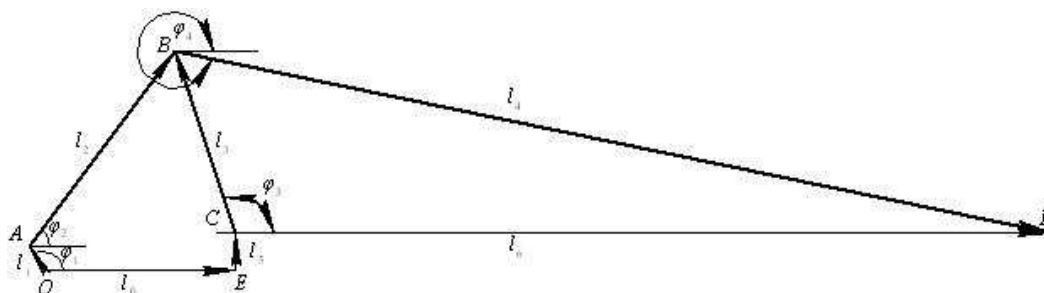


Рис. 1. Векторное представление звеньев механизма качающегося конвейера

Из выполненного ранее кинематического анализа получены следующие результаты, необходимые для решения задачи кинетостатики механизма (длины в м):

- звенья представлены в виде векторов;

$$l_1^T = (0.09 \ 0.008 \ 0) \quad l_2^T = (0.155 \ 0.347 \ 0) \quad l_3^T = (-0.055 \ 0.295 \ 0) \quad l_4^T = (1.369 \ -0.295 \ 0)$$

- определены угловые ускорения звеньев и ускорения центров масс звеньев.

Дополнительными данными для решения задачи силового анализа являются массы звеньев (кг):  $m_2$ ,  $m_3$ ,  $m_4$ ,  $m_5$  и масса перемещаемого материала  $m_M$ .

Векторы сил тяжести, сил и моментов сил инерции, приложенных к звеньям и сила полезного сопротивления, на транспортирующем желобе при движении влево: (силы – в Н, моменты сил в Нм):

$$G_2^T = (0 \ -160 \ 0) \quad G_3^T = (0 \ -200 \ 0) \quad G_4^T = (0 \ -800 \ 0) \quad G_5^T = (0 \ -12000 \ 0)$$

$$F_{u2}^T = (55.39 \ 28.02 \ 0) \quad F_{u3}^T = (33.84 \ 31.94 \ 0) \quad F_{u4}^T = (244 \ 127.7 \ 0)$$

$$F_{u5}^T = (3258.86 \ 0 \ 0) \quad P_C^T = (4000 \ 0 \ 0)$$

Для каждого из звеньев запишем по два уравнения равновесия в векторной форме. Первое, как сумму сил, действующих на отдельно взятое звено, второе, как сумму моментов сил, действующих на звено относительно какого-либо центра.

Используем для решения этой задачи блок *Given – Find*.

$$R_{12} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{23} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{03} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{34} := (100 \ 100 \ 0)$$

$$R_{45} := (100 \ 100 \ 0) \quad R_{05_1} := 100 \quad \text{Given}$$

$$R_{12}^T + F_{u2} + G_2 - R_{23}^T = 0 \quad -l_2 \times R_{23}^T + M_{u2} + 0.5l_2 \times (F_{u2} + G_2) = 0$$

$$R_{03}^T + F_{u3} + G_3 + R_{23}^T - R_{34}^T = 0 \quad l_3 \times (R_{23}^T - R_{34}^T) + M_{u3} + 0.5l_3 \times (F_{u3} + G_3) = 0$$

$$R_{34}^T + F_{u4} + G_4 - R_{45}^T = 0 \quad -l_4 \times R_{45}^T + M_{u4} + 0.5l_4 \times (F_{u4} + G_4) = 0$$

$$R_{45}^T + F_{u5} + G_5 + P_C + \begin{pmatrix} 0 & R_{05_1} & 0 \end{pmatrix}^T = 0$$

$$\begin{pmatrix} R_{12} & R_{23} & R_{03} & R_{34} & R_{45} & R_{05_1} \end{pmatrix} := \text{Find}\left(\begin{pmatrix} R_{12} & R_{23} & R_{03} & R_{34} & R_{45} & R_{05_1} \end{pmatrix}\right) \quad R_{05} := \begin{pmatrix} 0 & R_{05_1} & 0 \end{pmatrix}^T$$

$$R_{12} = (-5104 \ -11298 \ 0) \quad R_{23} = (-5049 \ -11430 \ 0) \quad R_{03} = (-2488 \ 13456 \ 0) \quad R_{34} = (-7503 \ 1858 \ 0)$$

$$R_{45} = (-7259 \ 1186 \ 0) \quad R_{05}^T = (0 \ 10814 \ 0)$$

Таким образом, совместное решение семи уравнений равновесия позволило найти шесть неизвестных реакций.

В заключение находят реакцию в шарнире  $A$  и вектор уравновешивающего момента ( $R - H$ ,  $M - Hm$ ).

$$R_{21} := -R_{12} \quad R_{01} := -R_{21} \quad M_{\delta\delta} := l_1 \times R_{21}^T \quad M_{\delta\delta}^T = (0 \ 0 \ 973)$$

Модули найденных реакций:

$$|R_{01}| = 12398 \quad |R_{12}| = 12398 \quad |R_{23}| = 12496 \quad |R_{03}| = 13684 \quad |R_{34}| = 7729$$

$$|R_{45}| = 7355 \quad |R_{05}| = 10814$$

Таким образом, аппарат векторной алгебры, имеющийся в программе Mathcad позволяет относительно легко исследовать кинестатику плоских рычажных механизмов. Программа решения получается очень компактной, алгоритм её написания прост, реакции в кинематических парах можно сразу получить и в векторном и в скалярном виде.

#### Список литературы

1. Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Определение кинематических и кинестатических параметров плоских стержневых механизмов сложной структуры. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2013.
2. Мацюк И.Н., Шляхов Э.М. Кинестатика плоских стержневых механизмов произвольной структуры. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2013.