

Мацюк И.Н., к.т.н., доцент, Головинская Е.М. студентка гр. ИМмм-12-1
(Государственный ВУЗ “Национальный горный университет”)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ MATHCAD ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КИНЕМАТИКИ В КУРСОВОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

В курсовом проекте на тему «Анализ и синтез механизмов поперечно-строгального станка» исследование кинематики выполнено на ПК с помощью программного продукта Mathcad аналитическим методом с помощью аппарата векторной алгебры, изложенным в [1, 2].

Его эффективное использование основано на замене стержневых звеньев соответствующими векторами.

Векторное представление звеньев позволяет составлять векторные уравнения кинематики, которые можно решать численно с помощью блока «Given-Find».

Схема рычажного механизма поперечно-строгального станка представлена на (рис. 1). Даны геометрические размеры звеньев в метрах: $l_1 = l_{OA} = 0,1$, $l_0 = l_{OB} = 0,27$, $l_3 = l_{BC} = 0,49$, $l_4 = l_{CD} = 0,2$, $h_1 = 0,1$, $h_2 = 0,2$ и угловая скорость кривошипа $\omega_1 = 7,854 \text{ с}^{-1}$. Необходимо определить положения, скорости и ускорения звеньев.

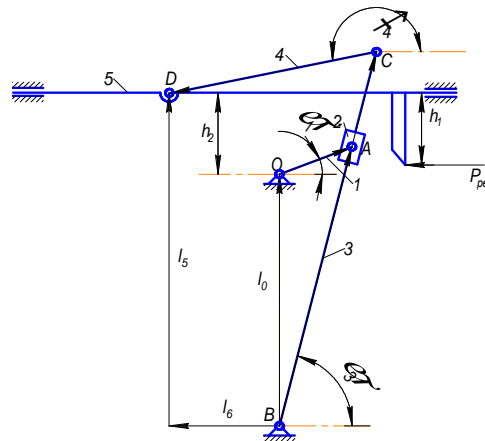


Рисунок 1 – Схема поперечно-строгального станка

Покажем фрагмент документа Mathcad, содержащий блок определения положения звеньев при заданном положении кривошипа.

$$\begin{aligned} &\phi_3 := 1 \quad \phi_4 := 3 \quad l_{31} := 0.3 \quad l_6 := 0.1 \quad \text{Given} \\ &\begin{pmatrix} l_1 \cdot \cos(\phi_1) \\ l_1 \cdot \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ l_0 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_{31} \cdot \cos(\phi_3) \\ l_{31} \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} l_3 \cdot \cos(\phi_3) \\ l_3 \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} l_4 \cdot \cos(\phi_4) \\ l_4 \cdot \sin(\phi_4) \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} l_6 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ l_5 \\ 0 \end{pmatrix} \\ &(\phi_3 \quad \phi_4 \quad l_{31} \quad l_6) := \text{Find}(\phi_3 \quad \phi_4 \quad l_{31} \quad l_6) \\ &\phi_3 = 101.811 \text{deg} \quad \phi_4 = 182.758 \text{deg} \quad l_{31} = 0.181 \quad l_6 = -0.3 \end{aligned}$$

Теперь все звенья можно представить векторами.

$$l_1 := \begin{pmatrix} l_1 \cdot \cos(\phi_1) \\ l_1 \cdot \sin(\phi_1) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_3 := \begin{pmatrix} l_3 \cdot \cos(\phi_3) \\ l_3 \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_4 := \begin{pmatrix} l_4 \cdot \cos(\phi_4) \\ l_4 \cdot \sin(\phi_4) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_{31} := \begin{pmatrix} l_{31} \cdot \cos(\phi_3) \\ l_{31} \cdot \sin(\phi_3) \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_0 := \begin{pmatrix} 0 \\ l_0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_5 := \begin{pmatrix} 0 \\ l_5 \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_6 := \begin{pmatrix} l_6 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad l_6 = \begin{pmatrix} -0.3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Для определения скоростей запишем уравнения угловых скоростей для двух векторных замкнутых контуров. Из этих уравнений определяются угловые скорости ω_3 , ω_4 , а также относительная скорость V_{A3A1} и скорость ползуна V_D .

$$\begin{aligned} \omega_1 &:= (0 \ 0 \ -\omega_1) \quad \omega_3 := (0 \ 0 \ 1) \quad \omega_4 := (0 \ 0 \ 1) \quad v_{A3A1_0} := 1 \quad v_D := 1 \quad \text{Given} \\ \omega_1^T \times l_1 + v_{A3A1_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}^T &= \omega_3^T \times l_{31} \quad \omega_3^T \times l_3 + \omega_4^T \times l_4 = (v_D \ 0 \ 0)^T \\ (\omega_3 \ \omega_4 \ v_{A3A1_0} \ v_D) &:= \text{Find}(\omega_3 \ \omega_4 \ v_{A3A1_0} \ v_D) \quad \omega_3 = (0 \ 0 \ 3.617) \quad \omega_4 = (0 \ 0 \ -1.816) \\ v_{A3A1} &:= v_{A3A1_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}^T \quad v_{A3A1}^T = (0.089 \ -0.425 \ 0) \quad v_D := (v_D \ 0 \ 0) \quad v_D = (-1.753 \ 0 \ 0) \end{aligned}$$

Для определения ускорений также запишем два уравнения в которых определяются ε_3 , ε_4 , а также относительное ускорение a_{A3A1r} и ускорения a_D .

$$\begin{aligned} a_{A3A1r_0} &:= 10 \quad \varepsilon_3 := (0 \ 0 \ 1) \quad \varepsilon_4 := (0 \ 0 \ 1) \quad a_D := 2 \quad \text{Given} \\ \omega_1^T \times (\omega_1^T \times l_1) + 2\omega_3^T \times v_{A3A1} + a_{A3A1r_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}^T &= \omega_3^T \times (\omega_3^T \times l_{31}) + \varepsilon_3^T \times l_{31} \\ \omega_3^T \times (\omega_3^T \times l_3) + \varepsilon_3^T \times l_3 + \omega_4^T \times (\omega_4^T \times l_4) + \varepsilon_4^T \times l_4 &= (a_D \ 0 \ 0)^T \\ (a_{A3A1r_0} \ \varepsilon_3 \ \varepsilon_4 \ a_D) &:= \text{Find}(a_{A3A1r_0} \ \varepsilon_3 \ \varepsilon_4 \ a_D) \quad a_{A3A1r} := a_{A3A1r_0} \cdot \begin{pmatrix} 1 & l_{31} \\ 1 & l_{30} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}^T \\ a_{A3A1r}^T &= (1.54 \ -7.35 \ 0) \quad \varepsilon_3 = (0 \ 0 \ -36.2) \quad \varepsilon_4 = (0 \ 0 \ -13.09) \quad a_D := (a_D \ 0 \ 0) \quad a_D = (19.21 \ 0 \ 0) \end{aligned}$$

Располагая этими результатами можно найти скорость и ускорение любой точки механизма. Например, для точки A_3

$$v_{A3} := \omega_3^T \times l_{31} \quad v_{A3}^T = (-0.641 \ -0.134 \ 0) \quad a_{A3} := \omega_3^T \times (\omega_3^T \times l_{31}) + \varepsilon_3^T \times l_{31} \quad a_{A3}^T = (6.895 \ -0.977 \ 0)$$

Задавая различные значения обобщенной координате φ_1 механизма, можно получить полную картину изменения кинематических параметров за один оборот начального звена.

Таким образом, пакет Mathcad позволяет относительно просто исследовать кинематику плоских рычажных механизмов и получать кинематические параметры в естественном для них виде – векторном.

Список литературы

1. Мацюк И.Н., Третьяков В.М., Шляхов Э.М. Аналитическая кинематика плоских рычажных механизмов высоких классов с помощью программы Mathcad. Теория механизмов и машин. – Санкт-Петербург. – 2012. – № 1. Том 10. – С. 65-70.
2. Кінематичне та динамічне дослідження плоских важільних механізмів [Текст]: навч. посібник / І.М. Мацюк, Е.М. Шляхов, К.А. Зіборов. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 132 с.