

Таким образом, скорости всех точек исследуемого механизма могут быть определены пятью разными способами.

Выполненное исследование шестизвенного механизма может явиться методическим пособием для решения механизмов с более сложными группами Ассура.

#### Список литературы

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов. – М.: Наука, 1967. – 720с.

#### Сведения об авторах:

*Дворников Леонид Трофимович* – д.т.н., профессор, профессор кафедры механики и машиностроения, СибГИУ, г.Новокузнецк;

*Пушкарев Валерий Юрьевич* – студент, СибГИУ, г.Новокузнецк;

*Колпаков Владимир Олегович* – студент, СибГИУ, г.Новокузнецк.

### POSSIBLE OPTIONS FOR KINEMATIC STUDIES OF PLAIN SIX-LINK MECHANISM WITH FOUR LINK GROUP OF ASSUR

*Dvornikov L.T., Pushkarev V.Yu., Kolpakov V.O.*

**Keywords:** kinematic research, four-link Assur's group.

**Abstract.** The article presents various approaches to solving the problem of kinematic analysis of the mechanism with four-link group of Assur.

---

УДК 531.8

<https://doi.org/10.26160/2307-342X-2019-7-49-52>

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕХАНИЗМА ПРЕССОВАНИЯ

*Ахтямов А.В.*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,  
г.Белгород*

**Ключевые слова:** вариационные принципы механики, принцип Даламбера, уравнения Лагранжа.

**Аннотация.** Рассматриваются методы расчета плоского механизма на примере расчета механизма прессования. Даются результаты расчета.

В данной статье мы не будем подробно останавливаться на описании вариационных принципов механики. Они есть в специальной литературе. Мы покажем их применение к расчету реального механизма прессования прессы для производства силикатного кирпича [1]. Рассчитать любой реальный механизм – значит уметь найти скорости и угловые скорости его звеньев, динамические реакции, возникающие в связях, наложенных на звенья механизма.

Основой для расчета любого механизма является его кинематическая схема. Она представляет собой механическую модель реального механизма.

Рассмотрим кинематическую схему механизма прессования, представленную на рисунке 1.

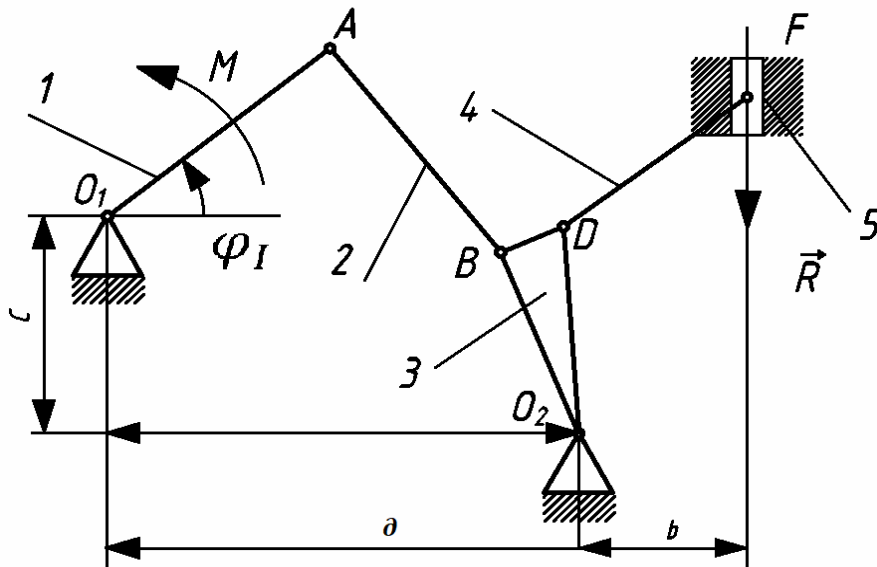


Рис. 1. Кинематическая схема механизма прессования

В качестве примера рассмотрим положение механизма при  $\varphi_I = 45^\circ$ . Исходные данные для расчета следующие:

$$\begin{aligned} M &= 30P \text{ Нм}, O_1A = l_1 = 4 \text{ см}, AB = l_2 = 7,5 \text{ см}, O_2B = l_3 = 7,5 \text{ см}, \\ DF &= l_4 = 8 \text{ см}, a = 10,5 \text{ см}, b = 2,3 \text{ см}, c = 2,8 \text{ см}, \\ P_1 &= 2PH, P_2 = 3PH, P_3 = 8PH, P_4 = 2,5PH, P_5 = 0,5PH. \end{aligned}$$

Задачами расчета механизма являлись:

- 1) определение силы  $F$ , приложенной к поршню, соответствующей положению равновесия всего механизма;
- 2) определение ускорения поршня  $F$  при увеличенном значении крутящего момента  $M$ .

Данная механическая система является системой с одной степенью свободы.

Для решения первой задачи воспользуемся принципом возможных перемещений [2]:

$$\sum_{k=1}^n \delta A_k = \sum \vec{F}_k \delta \vec{r}_k = 0. \quad (1)$$

Рассматриваемый механизм находится под действием системы уравнивающих сил: сил тяжести звеньев  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5$ , крутящего момента  $M$ , реакций опор и силы  $R$ , приложенной к поршню.

Следует сказать о механическом смысле силы  $R$ . Это сила, равная силе давления поршня на силикатную смесь в форме для прессования кирпича.

Даём системе возможные перемещения  $\delta\varphi_I$  и выражаем возможные перемещения кривошипа  $O_2BD$   $\delta\varphi_3$ , шатунов  $AB$  и  $DF$   $\delta\varphi_2$  и  $\delta\varphi_4$  и поступательное перемещение  $\delta S_F$  поршня  $F$  через  $\delta\varphi_I$ . Для этого используем положения мгновенных центров поворота звеньев механизма.

На основании (1) составляем уравнение работ для заданного механизма:

$$M\delta\varphi_I - \frac{1}{2}P_1 \cos \varphi_I \delta S_A - P_2 \cos \varphi_2 \delta S_{C_2} - P_3 \cos \varphi_3 \delta S_{C_3} - \\ - P_4 \cos \varphi_4 \delta S_{C_4} - P_5 \delta S_F - R\delta S_F = 0, \quad (2)$$

На основании построенных мгновенных центров поворота вычисляем и выражаем возможные перемещения всех точек механизма через перемещение точки А

$$7,5P - 0,707P - 2,328P - 0,412P - 1,315P - 0.249P - R \cdot 0,59 = 0. \quad (3)$$

Откуда находим силу  $R$ :

$$R = 4,085 \text{ Н.}$$

Для приведения в движение механизма прессования увеличиваем величину крутящего момента, приложенного к кривошипу  $O_1A$  на 10%, т.е. принимаем  $M = 33P \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Для определения ускорения поршня  $F$  воспользуемся уравнениями Лагранжа второго рода. Поскольку рассматриваемый механизм прессования является системой с одной степенью свободы, уравнение принимает вид:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_I} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_I} = Q_{q_I}. \quad (4)$$

Принимая за обобщенную координату перемещение точки  $F$ , получаем:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{S}} \right) - \frac{\partial T}{\partial S} = Q_S. \quad (5)$$

где  $T$  – кинетическая энергия механизма,  $Q_S$  – обобщенная сила, соответствующая перемещению  $S$ .

Вычислим значение кинетической энергии механизма как функцию обобщенной скорости  $S$ . Кинетическая энергия рассматриваемой системы будет равна:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5.$$

С учетом кинетической схемы механизма вычисляем значения кинетических энергий как функцию обобщенной скорости  $V_F = \dot{S}$

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot m_1 l_1^2 \cdot \frac{V_A^2}{l_1^2} = 0,333mV_F^2,$$

$$T_3 = 0,2073mV_F^2,$$

$$T_2 = \frac{3m}{24} \left( J_2 + \left( \frac{7,5}{12,9} \right)^2 \right) V_{C_2}^2 = 1,891mV_F^2,$$

$$T_4 = \frac{2,5m}{24} \left( 12 + \left( \frac{8}{24,4} \right)^2 \right) V_{C_2}^2 = 1,354mV_F^2,$$

$$T_5 = \frac{1}{2} \cdot 0,5mV_F^2.$$

Тогда кинетическая энергия системы будет равна:  $T = 2,274mV_F^2$ .

Для определения обобщённой силы найдем сумму работ всех сил на возможном перемещении  $\delta S_A$ .

Будем иметь:

$$\sum \delta A_{S_F} = M \frac{\delta S_A}{l} - P_1 \frac{l_2}{2} \cos \varphi_I \frac{\delta S_A}{l_1} - P_2 \cos \varphi_2 \delta S_3 - \\ - P_3 \cos \varphi_3 \delta S_3 - P_4 \cos \varphi_4 \delta S_4 - P_5 \delta S_F - R \delta S_F.$$

С учётом выражений соотношений между перемещениями:

$$\sum \delta A_{S_F} = 0,751R \delta S_F.$$

Откуда:

$$Q_S = \frac{\sum \delta A_{S_F}}{\delta S_F} = 0,751P.$$

Находим:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{S}_F} \right) = 4,548m \dot{V}_F, \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{S}_F} = 0.$$

Подставляя найденные значения в уравнение (5), получаем:

$$4,548 \frac{P}{g} a_F = 0,751P.$$

Отсюда:  $a_F = 0,165g = 1,62 \text{ м/с}^2$ .

В данной статье приведён пример применения методов аналитической механики для расчета реального механизма. Результаты данной работы использовались для обучения студентов по курсу «Вариационные принципы механики» Белгородского государственного технологического университета.

### Список литературы

1. Бауман В.А. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: учебник для строительных вузов / В.А. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 324 с.
2. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Динамика : учеб. пособие / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. – Изд. 7-е, стер. – СПб.: Лань, 1999. – 764 с.

### Сведения об авторе:

*Ахтямов Александр Вильгельмович* – к.т.н., доцент, БГТУ им. В.Г. Шухова, г.Белгород.

### APPLICATION OF THE METHODS OF THEORETICAL MECHANICS FOR THE CALCULATION OF THE MECHANISM OF PRESSING

*Akhtyamov A. V.*

**Keywords:** variational principles of mechanics, d'Alembert principle, Lagrange equations.

**Abstract.** The methods of calculating the flat mechanism are considered on the example of the calculation of the mechanism of pressing. The results of the calculation are given.