

## 2.6. План скоростей двухповодковой группы с поступательно-вращательными парами.

Под этой группой понимается такое соединение звеньев, при котором поступательная кинематическая пара находится в плоскопараллельном движении. Построение плана скоростей рассмотрим на примере кулисного механизма (рис.2.3).

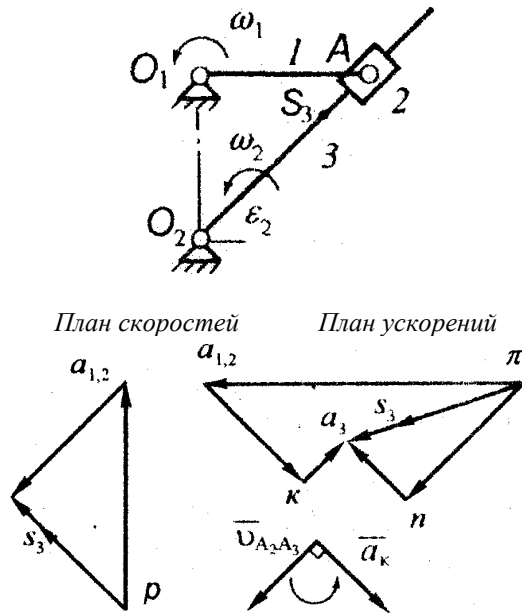


Рис 2.3

К кривошипу 1 присоединена группа 2-3, состоящая из камня 2 и кулисы 3. Вектор  $pa_{12} \perp |O_2A|$  и направлен в сторону вращения  $\omega_1$ . Камень 2 поступательно скользит по кулисе 3, которая в свою очередь вращается вместе с ним вокруг центра  $O_2$ . Таким образом, необходимо найти скорость точки A, принадлежащей кулисе 3. Эта скорость складывается из скорости шарнира A вокруг центра  $O_1$  и скорости скольжения камня 2 по кулисе 3:

$$\underline{v_{A3}} = \underline{v_{A12}} + \underline{v_{A2A3}} \quad (2.9)$$

где  $v_{A3} \perp |O_2A|$  и  $v_{A2A3} \parallel |O_2A|$ . Для определения скорости  $v_{A3}$  проводим из полюса линию  $\perp |O_2A|$ , а из точки  $a_{12}$  — линию, параллельную  $|O_2A|$ . На пересечении получаем точку  $a_3$ . Любая точка, принадлежащая кулисе 2, находится путем подобия многоугольников или пропорции отрезков. Так точка  $s_3$  лежит на отрезке  $(pa_3)$  пропорционально расположению точки  $S_3$  на

отрезке  $|O_2A|$ . Значения линейных скоростей всех точек определяются по формулам (2.6). Угловая скорость кулисы определяется по формулам (2.7)

**2.6. Определение линейных и угловых скоростей механизма.** Построим план скоростей в произвольном положении для заданного механизма (рис. 2.4).

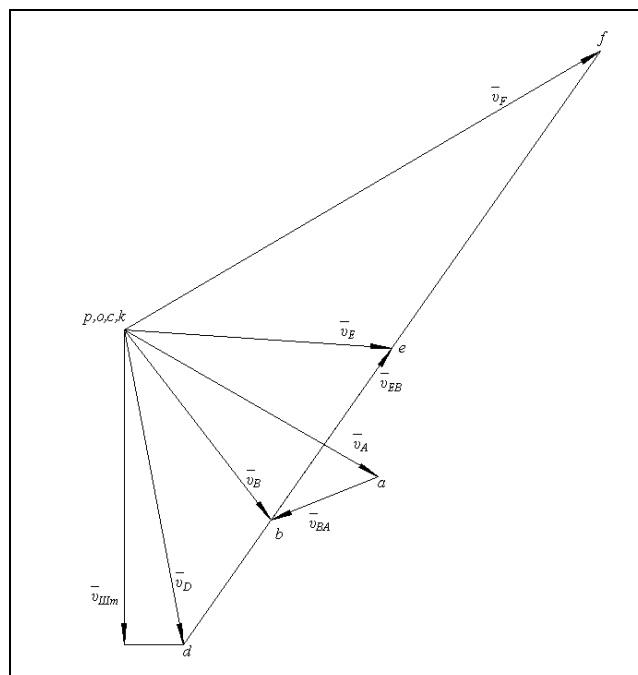


Рис 2.4

Составляем векторное уравнение для первой двухповодковой группы:

$$\underline{v_B} = \underline{v_A} + \underline{v_{BA}} \dots$$

где  $\dots v_{BA} \perp |AB|$  и  $v_B \perp |BC| \dots$

Составляем векторное уравнение для второй двухповодковой группы:

$$\dots \underline{v_E} = \underline{v_B} + \underline{v_{EB}} \dots$$

где  $\dots v_{EB} \perp |EB|$  и  $v_E \perp |EK| \dots$

Найдем скорости других точек, принадлежащих различным звеньям механизма:

$$v_F, v_D - \text{из подобия}$$

Составим уравнения для определения угловых скоростей звеньев (аналогично (2.7)):

$$\omega_2 = v_{BA} / l_{AB} = \mu_v(ab) / l_{AB};$$

$$\omega_3 = v_B / l_{BC} = \mu_v(pb) / l_{BC}$$

**2.7. Линейные ускорения точек механизма.** Ускорения точек механизма определяются путем построения плана ускорений в масштабе  $\mu_a$  для двух заданных положений механизма. Учитывая, что при  $\omega_1 = \text{const}$  ускорение точки A является центростремительным, то оно определяется как

$$a_A = \omega_1^2 l_{OA} = 1,257^2 \times 0,5 = 0,79 \text{ м/с}^2. \quad (2.10)$$

Масштаб плана ускорений определяется как

$$\mu_a = \frac{a_A}{\pi a} = \frac{0,79}{100} = 0,0079 \quad \frac{\text{м/с}^2}{\text{мм}} \quad (2.11)$$

где  $(\pi a)$  — отрезок на плане скоростей (на ф. А1 обычно 80...100 мм), соответствующий ускорению точки  $A$ , проведенный из полюса  $\pi$ . Так как ускорение  $\overline{a_A}$  — центростремительное (нормальное), вектор  $\overline{\pi a}$  проводится параллельно отрезку  $|OA|$  в соответствующем положении точки  $A$ . Построение остальных точек механизма зависит от присоединенных групп двухповодковых групп.

**2.8. План ускорений двухповодковой группы с вращательными парами.** Построение плана ускорений рассмотрим на примере шарнирного четырехзвенника  $OABD$  (рис. 2.1).

Ускорение точки  $B$  складывается из абсолютного ускорения центра и относительного ускорения точки  $B$  вокруг этого центра, которое в свою очередь можно разложить на нормальное  $a^n$  и тангенциальное  $a^\tau$  ускорения. Если центром движения является точка  $A$ , то векторное уравнение ускорения точки  $B$  можно записать как:

$$\overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau}, \text{ где } a_{BA}^n = v_{BA}^2 / l_{AB} = \omega_2^2 l_{AB} = \mu_a^2 (ab)^2 / l_{AB} \quad (2.12)$$

С другой стороны, точка  $B$  принадлежит звену 3 и движется по окружности вокруг точки  $D$ , тогда

$$\overline{a_B} = \overline{a_{BD}^n} + \overline{a_{BD}^\tau}, \text{ где } a_{BD}^n = v_B^2 / l_{BD} = \omega_3^2 l_{BD} = \mu_a^2 (pb)^2 / l_{BD} \quad (2.13)$$

В этих формулах отрезки  $(ab)$  и  $(pb)$  должны быть взяты из плана скоростей. Решаем совместно уравнения (2.12) и (2.13) графическим путем. Из конца вектора  $\overline{\pi a}$  (точки  $a$ ) откладывается вектор  $\overline{an_1} \parallel |AB|$ , направленный от точки  $B$  к точке  $A$  (к центру вращения), размер которого определяется как  $(an_1) = a_{BA}^n / \mu_a$ , а из полюса  $\pi$  откладывается вектор  $\overline{pn_2} \parallel |BD|$ , направленный от точки  $B$  к точке  $D$ , размер которого определяется как  $(an_1) = a_{BD}^n / \mu_a$  (рис.2.1). Затем из точки  $n_1$  проводится линия действия вектора  $\overline{a_{BA}^\tau}$  которая  $\perp |AB|$ , а из точки  $n_2$  — линия действия вектора  $\overline{a_{BD}^\tau}$ , которая  $\perp |BD|$ . На пересечении линий получаем точку  $b$ . Точка  $c$  на плане ускорений определяется аналогично тому, как это определялось на плане скоростей (в положении механизма на примере она совпала с точкой  $n_1$ ).

Значение линейных ускорений всех точек определяются, например:

$$a_B = \mu_a (\pi b) \quad (2.14)$$

Значение угловых ускорений шатуна 2 и коромысла 3 определяется как

$$\varepsilon_2 = a_{BA}^t / l_{AB} = \mu_a (n_1 b) / l_{AB} \quad \varepsilon_3 = a_{BD}^t / l_{BD} = \mu_a (n_2 b) / l_{BD} \quad (2.15)$$

Направление вращения  $\varepsilon_2$  находится путем расположения вектора  $\overline{a_{BA}^t}$  (на плане ускорений вектор  $\overline{n_1 b}$ ) в точке  $B$  плана положений, в результате чего определяется направление движения вокруг точки  $A$ . В данном положении ускорение  $\varepsilon_2$  направлено против часовой стрелки (рис.2.1). Аналогично определяется направление вращения ускорения  $\varepsilon_3$ .

**2.9. План ускорений двухповодковой группы вращательно-поступательными парами.** Построение плана ускорений рассмотрим на примере кривошипно-ползунного механизма (рис.2.2). Векторное уравнение ускорения точки  $B$  в относительном движении вокруг точки  $A$ :

$$\overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau}, \text{ где } a_{BA}^n = v_{BA}^2 / l_{AB} = \omega_2^2 l_{AB} = \mu_a^2 (ab)^2 / l_{AB} \quad (2.16)$$

С другой стороны, ползун 3 движется поступательно, т.е. вектор ускорения  $\overline{a_B}$  направлен горизонтально. Из конца вектора  $\overline{\pi a}$  (точки  $a$ ) откладывается вектор  $\overline{an} \parallel |AB|$ , направленный от точки  $B$  к точке  $A$ , модуль которого определяется как  $(an_2) = a_{BA}^n / \mu_a$ . Затем из точки  $n$  проводится линия действия вектора  $\overline{a_{BA}^\tau}$ , которая  $\perp |AB|$ , а из полюса  $\pi$  проводится линия, которая направлена параллельно движению ползуна, т.е. в данном случае — горизонтально. На пересечении линий получаем точку  $b$  (рис.2.2). Ускорение любой точки, принадлежащей шатуну 2, находится аналогично тому, как это определялось на плане скоростей. Значение линейных ускорений всех точек определяются по формулам (2.14), значение углового ускорения шатуна — по формуле аналогичной (2.15).