

УДК 621,01

Зиялиев К.Ж., Такырбашев А.Б., Аканов Д.К.

ИГУ им. К.Тыныстанова

### КИНЕМАТИКА ЦЕНТРА МАСС ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ МЕХАНИЗМА

В данной работе проведен кинематический анализ центра масс звеньев с направлениями, по которым легко вычислить динамический расчет. А также построены диаграммы, которые построены с помощью выведенных уравнений.

Определение величины и направления скорости центра масс дополнительного шатуна необходимо для приведения сил тяжестей при составлении динамической модели механизма. В работе [1] определены скорости центров масс звеньев механизма кроме дополнительного шатуна. Для составления динамической модели, величина и направление скорости ползуна остаются прежними, так как ползун совершает возвратно-поступательное движение.

Модуль и направление скорости центра масс дополнительного шатуна определяются из расчетной схемы, приведенной на рис. 1, а.

Для определения скорости центра масс дополнительного шатуна, должны быть известны размер  $L_{KS_4}$  (расстояние между точкой К и центром масс  $S_4$ ) и угол  $\beta_{S_4}$ , составленный между отрезками KN и  $KS_4$ . Отсчет угла  $\beta_{S_4}$  производится от положения отрезка KN.

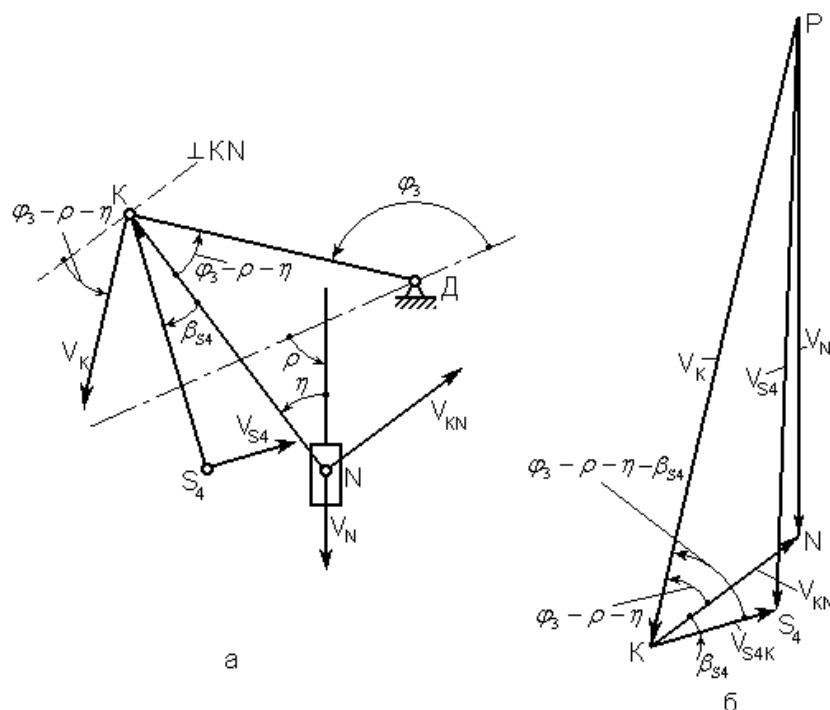


Рис. 1

Из треугольника  $PKS_4$  (рис.1, б) и с помощью известного угла  $(\varphi_3 - \rho - \eta - \beta_{S_4})$ , согласно теореме косинусов, можно определить  $V_{S_4}$ :

$$V_{S_4} = \sqrt{V_{S_4}^2 + V_K^2 - 2V_{S_4K}V_K \cos(\varphi_3 - \rho - \eta - \beta_{S_4})}, \quad (1)$$

где  $V_{S_4K} = \omega_4 L_{KS_4}$  - скорость центра масс  $S_4$  дополнительного шатуна относительно точки К.

Необходимо отметить, что уравнение (1) подходит для любых координат центра масс  $S_4$  дополнительного шатуна.

Результаты вычислений приведены в виде графика на рис. 2. Линии, обозначенные цифрами 1, 2 и 3, соответствуют углам  $\rho = 90^\circ$ ,  $\rho = 57^\circ$  и  $\rho = 123^\circ$ . Из этих графиков можно заметить, что с увеличением угла  $\rho$  скорость  $V_{S_4}$  центра масс дополнительного шатуна уменьшается.

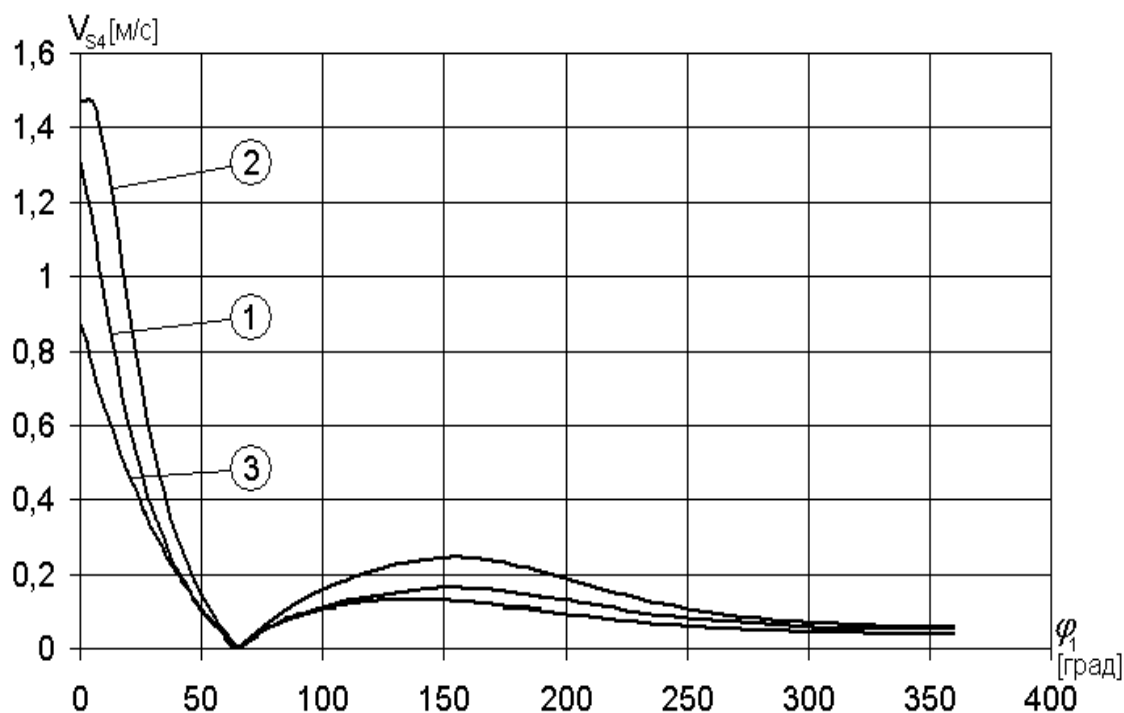


Рис. 2. Зависимость скорости  $V_{S_4}$  от угла поворота  $\varphi_1$ , при изменении угла  $\rho$  : кривая 1 при  $\rho = 90^\circ$  ; кривая 2 при  $\rho = 57^\circ$  ; кривая 3 при  $\rho = 123^\circ$  .

Для определения ускорения дополнительного шатуна шестизвенного механизма аналитическим методом, построим план ускорений, который служит расчетной схемой (рис. 3).

Числовые значения нормальных ускорений точки К, соответственно коромысла и дополнительного шатуна определяем по следующим формулам:

$$a_K^n = \frac{V_K^2}{L_{KD}} ; \quad a_{KN}^n = \frac{V_{KN}^2}{L_{KN}} .$$

Величина и направление касательного ускорения  $a_K^t$  определяется по формуле:

$$a_K^t = \varepsilon_3 L_{KD} ,$$

где  $\varepsilon_3$  – угловое ускорение коромысла.

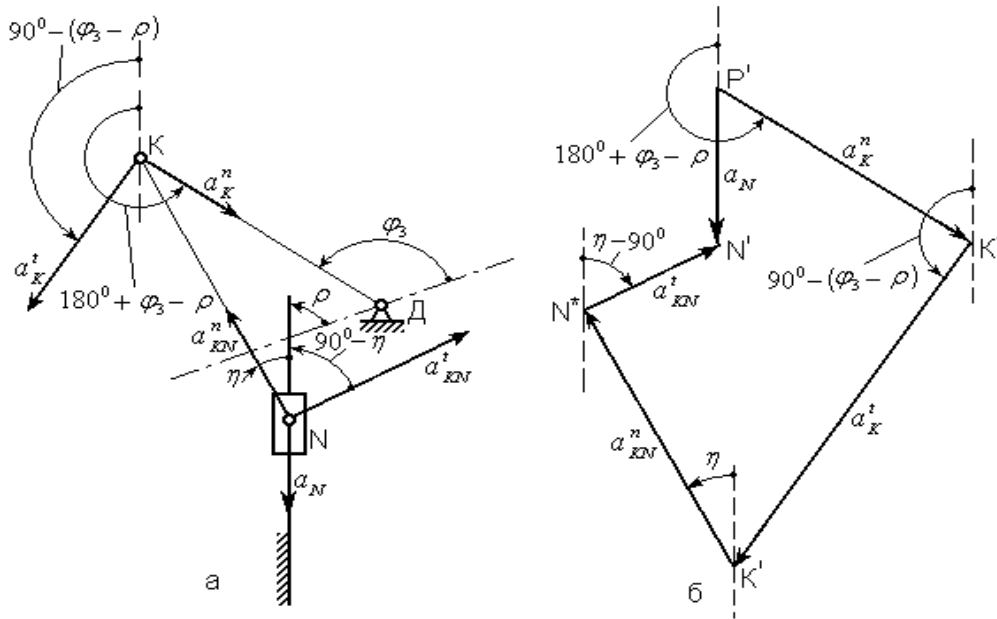


Рис. 3

Используя в качестве расчетной схемы план ускорений (рис. 3, б), составленный для произвольно выбранного положения механизма, выведем уравнения для определения неизвестных ускорений звеньев. Проецируя все векторы к перпендикуляру  $a_N$ , имеем

$$a_K^n \sin(180^\circ + \varphi_3 - \rho) + a_K^t \sin(90^\circ + \varphi_3 - \rho) + a_{KN}^n \sin \eta + a_{KN}^t \sin(\eta - 90^\circ) = 0$$

Отсюда, и учитывая, что

$$\sin(180^\circ + \varphi_3 - \rho) = -\sin(\varphi_3 - \rho),$$

$$\sin(90^\circ + \varphi_3 - \rho) = \cos(\varphi_3 - \rho) \text{ и}$$

$$\sin(\eta - 90^\circ) = -\cos \eta,$$

Получим:

$$a_{KN}^t = \frac{a_K^t \cos(\varphi_3 - \rho) + a_{KN}^n \sin \eta - a_K^n \sin(\varphi_3 - \rho)}{\cos \eta}. \quad (2)$$

Ускорение  $a_N$  ползуна определяется, проецированием всех векторов на прямую линию, параллельную направляющей (рис. 3.28, б).

$$a_N = a_K^n \cos(180^\circ + \varphi_3 - \rho) + a_K^t \cos(90^\circ + \varphi_3 - \rho) + a_{KN}^n \cos \eta + a_{KN}^t \cos(\eta - 90^\circ). \quad (3)$$

Учитывая, что

$$\cos(180^\circ + \varphi_3 - \rho) = -\cos(\varphi_3 - \rho),$$

$$\cos(90^\circ + \varphi_3 - \rho) = -\sin(\varphi_3 - \rho) \text{ и}$$

$$\cos(\eta - 90^\circ) = \sin \eta,$$

окончательно получим

$$a_N = a_{KN}^n \cos \eta + a_{KN}^t \sin \eta - a_K^n \cos(\varphi_3 - \rho) - a_K^t \sin(\varphi_3 - \rho). \quad (4)$$

Уравнения (2) и (4) пригодны для определения ускорений дополнительного

шатуна и ползуна во всех положениях механизма.

Используя в качестве расчетной схемы план ускорений (рис. 4), составленный для произвольно выбранного положения механизма, выведем уравнение для определения ускорения центра масс дополнительного шатуна.

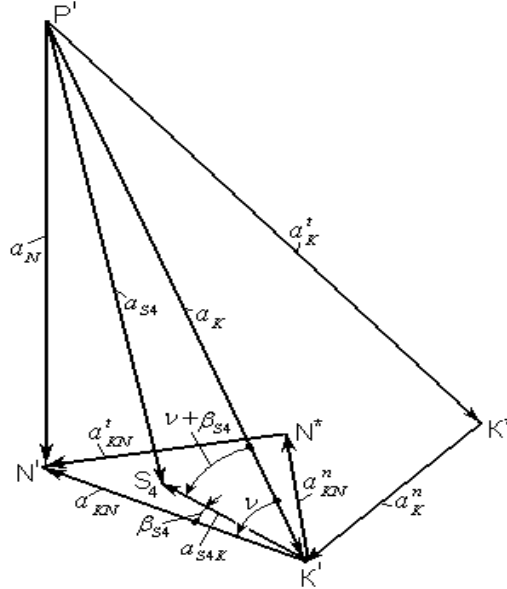


Рис. 4

Чтобы определить угол  $\nu$  между векторами  $a_{KN}$  и  $a_K$ , так же используем расчетную схему, приведенную на рис. 4.

По теореме косинусов из треугольника  $P'K'N'$  определяется угол  $\nu$ :

$$\nu = \arccos \left[ \frac{a_{KN}^2 + a_K^2 - a_N^2}{2a_{KN}a_K} \right]. \quad (5)$$

Ускорение центра масс дополнительного шатуна определяется так же согласно теореме косинусов из треугольника  $P'K'S_4'$ :

$$a_{S4} = \sqrt{a_{S4K}^2 + a_K^2 - 2a_K a_{S4K} \cos(\nu + \beta_{S4})}, \quad (6)$$

где  $a_{S4K} = \sqrt{(a_{S4K}^n)^2 + (a_{S4K}^t)^2}$  - ускорение центра масс  $S_4$  дополнительного шатуна относительно точки К. Нормальное и касательное составляющие ускорения  $a_{S4K}^n$  и  $a_{S4K}^t$  определяются по следующим формулам:

$$a_{S4K}^n = \frac{V_{S4K}^2}{L_{S4K}}; \quad a_{S4K}^t = \varepsilon_4 L_{S4K},$$

где  $L_{S4K}$  - расстояние между точками К и  $S_4$ ;  $\varepsilon_4 = \frac{a_{KN}^t}{L_{KN}}$  - угловое ускорение

дополнительного шатуна, относительно точки К.

Вычислив ускорения ползуна и ускорения центра масс дополнительного шатуна по формулам (4) и (6), построим графики зависимостей ускорений  $a_N$  и  $a_{S4}$  от угловой координаты  $\varphi_1$  (рис. 5, 6).

Линии 1, 2, и 3 на рис. 6 показывают зависимости ускорений центра масс

дополнительного шатуна от  $\varphi_1$  соответственно при  $\rho = 90^\circ$ ,  $\rho = 57^\circ$  и  $\rho = 123^\circ$ . Линия зависимости касательного ускорения коромысла в точке К, обозначенная цифрой 4, показана для сравнения с ускорением  $a_N$  ползуна (рис. 5).

Анализируя эти графики, можно сделать вывод: с уменьшением значения угла  $\rho$ , значения ускорений достигают максимальных значений в моментах, близких к особому положению механизма, а в особом положении резко уменьшаются.

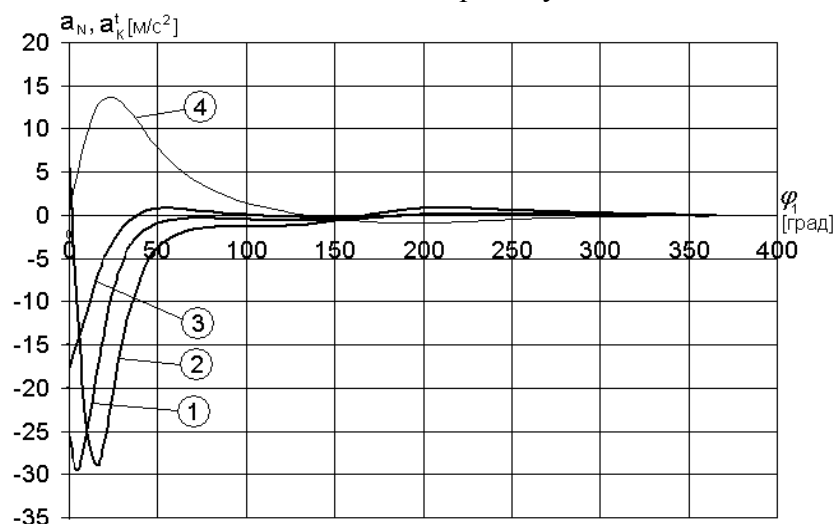


Рис. 5. Зависимости ускорений  $a_N$  и  $a_K^t$  от угла поворота  $\varphi_1$ , при изменении угла  $\rho$ : кривая 1 - при  $\rho = 90^\circ$ ; кривая 2 - при  $\rho = 57^\circ$ ; кривая 3 - при  $\rho = 123^\circ$ ; кривая 4 - ускорение  $a_K^t$ , при всех значениях угла  $\rho$ .

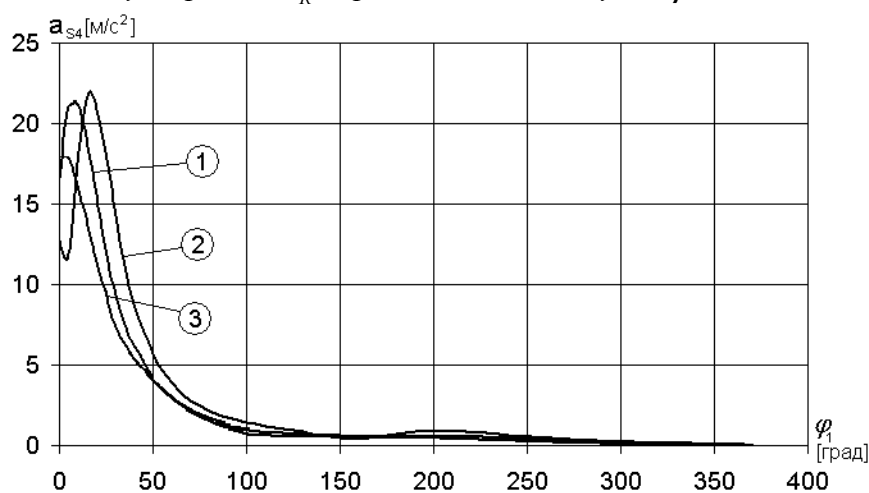


Рис. 6. Зависимость ускорения  $a_{s4}$  от угла поворота  $\varphi_1$ , при изменении угла  $\rho$ : кривая 1 - при  $\rho = 90^\circ$ ; кривая 2 - при  $\rho = 57^\circ$ ; кривая 3 - при  $\rho = 123^\circ$ .

#### Литература:

1. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. – Бишкек: Илим, 2005. - 195 с.

