

УГЛОВОЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ШАТУНА ОТНОСИТЕЛЬНО НАПРАВЛЯЮЩЕЙ ПОЛЗУНА И КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЗВЕНЬЕВ ШЕСТИЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА

На рис. 1 приведена расчетная схема ударного узла шестизвального механизма для определения углового перемещения дополнительного шатуна относительно направляющей. Начало системы координат Dx совмещено с осью вращения коромысла 1, а ось Dx абсцисс проведена перпендикулярно к направляющей ползуна.

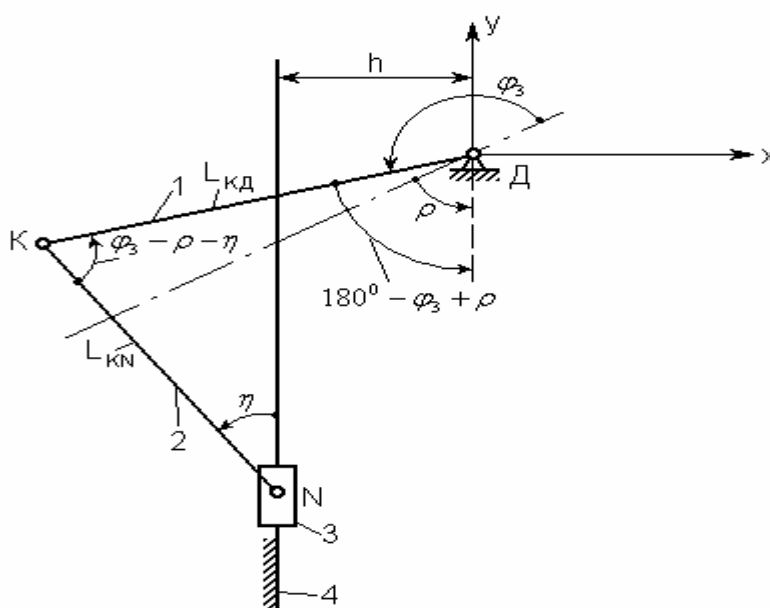


Рис. 1

Для упрощения расчетно-графической схемы на ней кривошип и шатун не указываем.

Проецируя все звенья и h на ось x , имеем

$$L_{KD} \sin(180^\circ - \varphi_3 + \rho) - h - L_{KN} \sin \eta = 0, \quad (1)$$

где L_{KD} – расстояние между точкой K и опорой D коромысла; L_{KN} – длина дополнительного шатуна; ρ – угол между направляющей и особым положением механизма; φ_3 – угловая координата коромысла относительно особого положения механизма; η – угловое перемещение дополнительного шатуна относительно направляющей ползуна.

Учитывая, что $\sin(180^\circ - \varphi_3 + \rho) = \sin(\varphi_3 + \rho)$, из (1) определим

$$\eta = \arcsin\left(\frac{L_{KD} \sin(\varphi_3 + \rho) - h}{L_{KN}}\right). \quad (1)$$

Таким образом, угол η для всех положений механизма можно определить по уравнению (1). Однако необходимо отметить, что расстояние h меняет свой знак с переходом дополнительного шатуна на правую сторону от оси y .

На основе плана положений механизма для скоростей точек К и N строим план скоростей в произвольном масштабе. Это построение является расчетной схемой для вывода требуемой зависимости в аналитической форме. Для пояснения этой методики рассмотрим план положения ударного механизма, представленный на рис. 2. Скорости звеньев кривошипно-коромыслового МПС определены в работе [1]. Поэтому на расчетной схеме показана только та часть механизма, для которой еще не определены скорости. Особое положение механизма на рис. 2 а) показано штрихпунктирной линией.

Расположив план скоростей в декартовой системе координат Рху так, чтобы его полюс совпал с началом координат, а направление вектора V_N - с положительным направлением оси у и проецируя векторное уравнение $V_K + V_{KN} = V_N$ на координатные оси Рх и Ру, получим:

$$\begin{cases} V_K \cos(\varphi_3 - \rho - 90^\circ) + V_{KN} \cos(90^\circ + \eta) = V_N \\ V_K \sin(\varphi_3 - \rho - 90^\circ) + V_{KN} \sin(90^\circ + \eta) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где V_K – скорость коромысла в точке К; V_{KN} – скорость дополнительного шатуна в точке N относительно точки К; V_N – скорость ползуна.

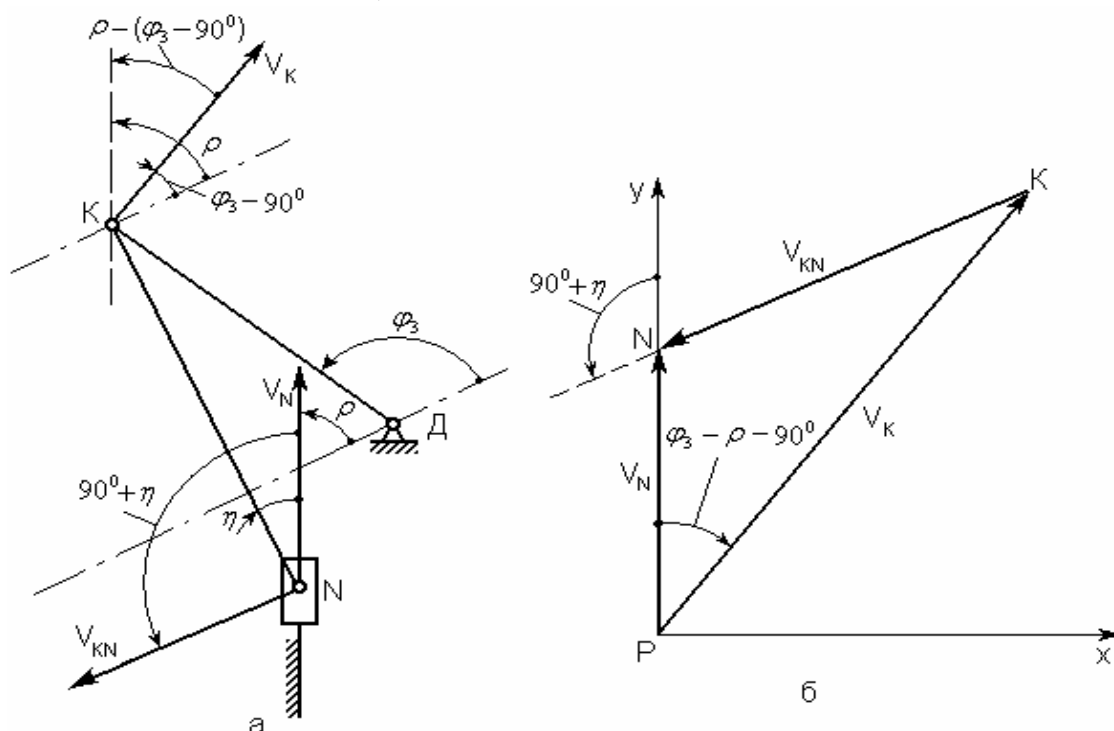


Рис. 2. План скоростей дополнительных звеньев кривошипно-коромыслового механизма.

Из второго уравнения системы уравнений (3) определяется скорость точки N относительно точки К:

$$V_{KN} = -\frac{V_K \sin(\varphi_3 - \rho - 90^\circ)}{\sin(90^\circ + \eta)} \quad (4)$$

Учитывая, что $\sin(\varphi_3 - \rho - 90^\circ) = -\cos(\varphi_3 - \rho)$ и $\sin(90^\circ + \eta) = \cos \eta$,

получим:

$$V_{KN} = \frac{V_K \cos(\varphi_3 - \rho)}{\cos \eta}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в первое уравнение системы уравнений (3), получим формулу для определения скорости ползуна:

$$V_N = \frac{V_K \sin(180^\circ + \eta - \varphi_3 + \rho)}{\sin(90^\circ + \eta)}. \quad (6)$$

Отсюда, учитывая, что

$$\sin(180^\circ + \eta - \varphi_3 + \rho) = -\sin(\eta - \varphi_3 + \rho) \quad \text{и}$$

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

из (6) получим:

$$V_N = -\frac{V_K \sin(\eta - \varphi_3 + \rho)}{\cos \eta}. \quad (7)$$

Передаточное отношение U_{41} угловых скоростей определяется по формуле:

$$U_{41} = \frac{\omega_4}{\omega_1} = \frac{V_{KN} / L_{KN}}{V_B / L_1} = \frac{V_{KN}}{\lambda_5 V_B}, \quad (8)$$

где $\lambda_5 = \frac{L_{KN}}{L_1}$; V_B - линейная скорость кривошипа; ω_1 , ω_4 - угловые скорости,

соответственно, кривошипа и дополнительного шатуна 4; L_1 - длина кривошипа.

Подставляя (5) в (8), получим:

$$U_{41} = \frac{V_K \cos(\varphi_3 - \rho)}{\lambda_5 V_B \cos \eta}. \quad (9)$$

На основе полученных аналитических уравнений (5), (7) и (9) составлена программа для вычисления на ЭВМ скоростей звеньев механизма.

Результаты вычислений на ЭВМ показывают, что скорости звеньев в шарнирах N и K достигают максимальных значений в моментах, близких к особому положению механизма. Это наглядно показано на графиках зависимостей скоростей V_N и V_K от угловой координаты φ_1 при $\rho = 90^\circ$, 57° , 123° и $h=0.01$ мм (рис.3).

Кривая скорости V_N , обозначенная цифрой 1, соответствует при $\rho = 90^\circ$, кривая 2 при $\rho = 57^\circ$ и кривая 3 при $\rho = 123^\circ$. Кривая скорости V_K проведена сплошной тонкой линией, которая обозначена цифрой 4. С уменьшением угла ρ до определенного значения, скорость ползуна V_N возрастает. Линии, лежащие внизу от оси абсцисс, означают, что скорость V_N направлена против направления удара, т.е. в направлении совершения удара скорость V_N получает положительное значение. Точка пересечения кривых на оси φ_1 соответствует верхнему крайнему положению ползуна.

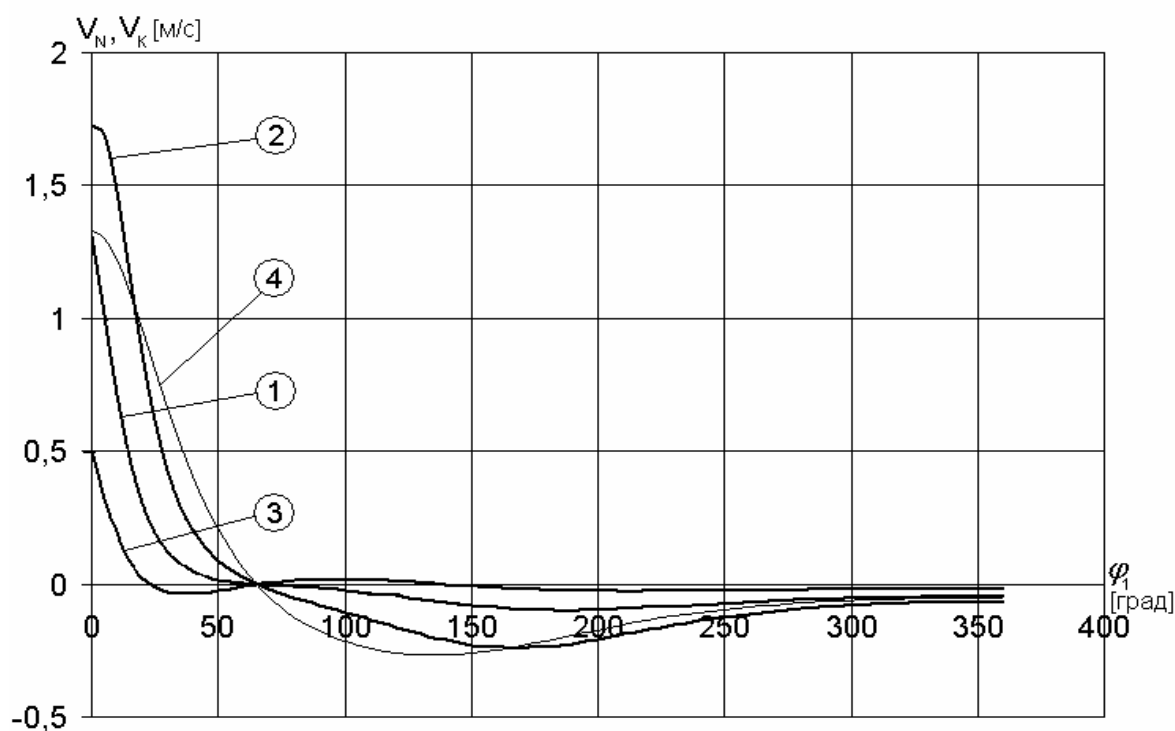


Рис. 3. Зависимости скоростей V_N и V_K от угла поворота φ_1 , при изменении угла ρ : кривая 1 при $\rho = 90^\circ$; кривая 2 при $\rho = 57^\circ$; кривая 3 при $\rho = 123^\circ$; кривая 4 – скорость точки К относительно опоры Д при всех значениях угла ρ .

Литература:

1. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. – Бишкек, Илим, 2005. - 195 с.
2. Такырбашев А.Б. Кинематический и динамический анализ механизма переменной структуры с дополнительными звеньями: Дисс. канд. техн. наук. - Бишкек, 2007.