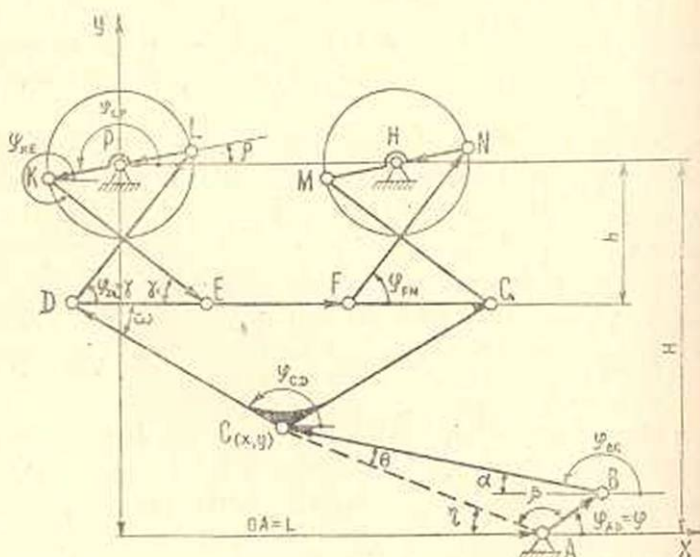


ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШ

М. Б. ЭДИЛЯН, Ю. Л. САРКИСЯН

КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ШТРИПСЕВОГО МЕХАНИЗМА

В основе одного из рассматриваемых вариантов проектируемого камнераспиловочного станка лежит схема исследуемого механизма. Структурный признак механизма (механизм IV-го кл.) осложняет изучение его кинематики и обуславливает предлагаемые графический и численный приближенные методы. Механизм является системой с одной степенью свободы и образуется последовательным присоединением к ведущему звену AB кинематической группы IV класса $BCGMДLEKPFNH$ (фиг. 1).

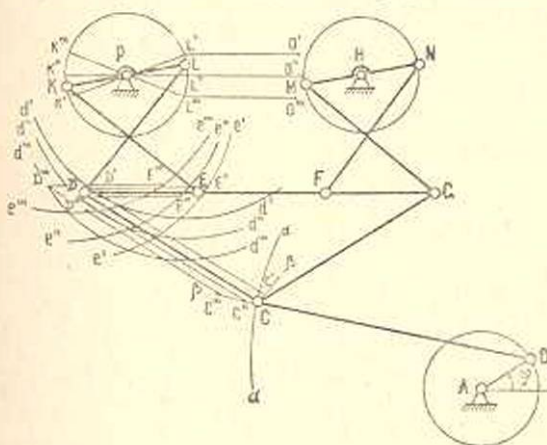


Фиг. 1.

Рассматриваемую задачу можно сформулировать следующим образом: известна закономерность движения ведущего звена AB — определить положения, скорости и ускорения (линейные и угловые) точек и звеньев механизма. Как будет ясно из последующего изложения, задача сводится к определению положения скоростей и ускорений базисного звена DCG (к звену DCG прикрепляется режущий инструмент).

Легко убедиться, что если $DL = KE = MG = FN$, $KL = MN$, $DE = FG$ и $DF = EG = PH$, то базисное звено совершает поступательное движение, когда всегда имеет место условие $DG \parallel PH$, а звенья KL , LD , KE остаются соответственно параллельными звеньям MN , FN , MG .

Пусть звено AB повернулось на угол φ . Тогда ясно, что геометрическим местом возможных положений точек C является дуга $\alpha\alpha$ окружности, описанной из точки B радиусом BC . Предположим, что при данном положении кривошипа AB звено KL занимает положение $K'L'$ (см. фиг. 2). Точки D и E будут лежать на дугах $d'd'$.



Фиг. 2.

$e'e'$, проведенных соответственно из точек K' и L' радиусами KE и LD , и при этом сохранится условие $D'E' \parallel PH$. Из точки L' проводим прямую, параллельную PH , и откладываем отрезок $L'O' = DE$. Далее из центра O' радиусом LD описываем дугу, при пересечении которой с $e'e'$ получается точка E' , из которой проводим прямую, параллельную PH , пересекающуюся с дугой $d'd'$ в точке D' . Из построения вытекает, что $D'E' = DE$. Потом, используя известные параметры треугольника DGC ($\rightarrow \omega$, DC), находим так называемое "ложное" положение C' точки C . Аналогичным путем для произвольно выбранных положений $K''L''$, $K'''L'''$ звена KL соответственно получаем точки C' , C'' . Очевидно, действительное положение точки C будет располагаться в точке пересечения дуги $\alpha\alpha$ и кривой $\beta\beta$, соединяющей "ложные" положения C' , C'' , C''' . Имея положение точки C , можно определить положения и других точек, звеньев механизма.

Задачу определения положений можно решить также приближенным численным методом. С этой целью пользуемся векторными уравнениями замкнутости контуров $ABCDLPOA$ и $PKEFNHP$ (см. фиг. 1). Для первого контура можно написать

$$\overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DL} + \overline{LP} + \overline{PO} + \overline{OA} = 0. \quad (1)$$

Проектируя на оси x и y , получаем

$$AB \cos \varphi_{AB} + BC \cos \varphi_{BC} + CD \cos \varphi_{CD} + DL \cos \varphi_{DL} + LP \cos \varphi_{LP} + OA = 0 \quad (2)$$

$$AB \sin \varphi_{AB} + BC \sin \varphi_{BC} + CD \sin \varphi_{CD} + DL \sin \varphi_{DL} + LP \sin \varphi_{LP} - PO = 0$$

Здесь φ_{AB} и $\varphi_{CD} = 180^\circ - \omega$ — известные величины и, следовательно, система (2) содержит 3 неизвестные переменные (φ_{BC} , φ_{DL} , φ_{LP}).

Для второго контура имеем

$$\overline{PK} + \overline{KE} + \overline{EF} + \overline{FN} + \overline{NH} + \overline{HP} = 0 \quad (3)$$

или

$$PK \cos \varphi_{PK} + KE \cos \varphi_{KE} + EF + FN \cos \varphi_{FN} + NH \cos \varphi_{NH} - HP = 0,$$

$$PK \sin \varphi_{PK} + KE \sin \varphi_{KE} + FN \sin \varphi_{FN} + NH \sin \varphi_{NH} = 0. \quad (4)$$

Из фиг. 1 очевидно, что

$$\varphi_{LP} = \varphi_{PK} = \varphi_{NH}, \quad \varphi_{FN} = \varphi_{DL}. \quad (5)$$

Подставляя условия (5) в уравнения 4 и $\varphi_{CD} = 180^\circ - \omega$ в (2), получаем следующую систему уравнений;

$$AB \cos \varphi_{AB} + BC \cos \varphi_{BC} - CD \cos \omega + DL \cos \varphi_{DL} + LP \cos \varphi_{LP} + OA = 0,$$

$$AB \sin \varphi_{AB} + BC \sin \varphi_{BC} + CD \sin \omega + DL \sin \varphi_{DL} + LP \sin \varphi_{LP} - PO = 0,$$

$$PK \cos \varphi_{LP} + KE \cos \varphi_{KE} + EF + FN \cos \varphi_{DL} + NH \cos \varphi_{LP} - HP = 0,$$

$$PK \sin \varphi_{LP} + KE \sin \varphi_{KE} + FN \sin \varphi_{DL} + NH \sin \varphi_{LP} = 0. \quad (6)$$

Система (6), содержащая 4 неизвестные (φ_{BC} , φ_{DL} , φ_{LP} , φ_{KE}), решается приближенными методами. С этой целью определенные графическим путем величины указанных неизвестных φ'_{BC} , φ'_{DL} , φ'_{LP} , φ'_{KE} подставляем в систему (6) и рассчитываем соответствующие отклонения δx , δy , $\delta x'$, $\delta y'$.

После подстановки получаем

$$AB \cos \varphi_{AB} + BC \cos \varphi'_{BC} - CD \cos \omega + DL \cos \varphi'_{DL} + LP \cos \varphi'_{LP} + OA = \delta x,$$

$$AB \sin \varphi_{AB} + BC \sin \varphi'_{BC} + CD \sin \omega + DL \sin \varphi'_{DL} + LP \sin \varphi'_{LP} - PO = \delta y,$$

$$PK \cos \varphi'_{LP} + KE \cos \varphi'_{KE} + EF + FN \cos \varphi'_{DL} + NH \cos \varphi'_{LP} - HP = \delta x',$$

$$PK \sin \varphi'_{LP} + KE \sin \varphi'_{KE} + EF + FN \sin \varphi'_{DL} + NH \sin \varphi'_{LP} = \delta y'. \quad (7)$$

Если к указанным неизвестным прибавим соответствующие угловые поправки $\Delta \varphi$, то левые части уравнений приравняются нулю. Учитывая малость угловых поправок $\Delta \varphi$ и принимая $\sin \Delta \varphi = \Delta \varphi$, $\cos \Delta \varphi = 1$, получаем

$$\sin \varphi_{BC} = \sin (\varphi'_{BC} + \Delta \varphi_{BC}) \cong \sin \varphi'_{BC} + \cos \varphi'_{BC} \Delta \varphi_{BC},$$

$$\cos \varphi_{BC} = \cos (\varphi'_{BC} + \Delta \varphi_{BC}) \cong \cos \varphi'_{BC} - \sin \varphi'_{BC} \Delta \varphi_{BC}.$$

$$\begin{aligned}
 \sin \varphi_{DL} &= \sin (\varphi'_{DL} + \Delta \varphi_{DL}) \cong \sin \varphi'_{DL} + \cos \varphi'_{DL} \Delta \varphi_{DL}, \\
 \cos \varphi_{DL} &= \cos (\varphi'_{DL} + \Delta \varphi_{DL}) \cong \cos \varphi'_{DL} - \sin \varphi'_{DL} \Delta \varphi_{DL}, \\
 \sin \varphi_{LP} &= \sin (\varphi'_{LP} + \Delta \varphi_{LP}) \cong \sin \varphi'_{LP} + \cos \varphi'_{LP} \Delta \varphi_{LP}, \\
 \cos \varphi_{LP} &= \cos (\varphi'_{LP} + \Delta \varphi_{LP}) \cong \cos \varphi'_{LP} - \sin \varphi'_{LP} \Delta \varphi_{LP}, \\
 \sin \varphi_{KE} &= \sin (\varphi'_{KE} + \Delta \varphi_{KE}) \cong \sin \varphi'_{KE} + \cos \varphi'_{KE} \Delta \varphi_{KE}, \\
 \cos \varphi_{KE} &= \cos (\varphi'_{KE} + \Delta \varphi_{KE}) \cong \cos \varphi'_{KE} - \sin \varphi'_{KE} \Delta \varphi_{KE}.
 \end{aligned} \quad (8)$$

Подставляя выражения (8) в систему (6) и сравнивая полученную систему уравнений с системой (7), получаем

$$\begin{aligned}
 -(BC \sin \varphi'_{BC} \Delta \varphi_{BC} + DL \sin \varphi'_{DL} \Delta \varphi_{DL} + LP \sin \varphi'_{LP} \Delta \varphi_{LP}) &= \delta x, \\
 BC \cos \varphi'_{BC} \Delta \varphi_{BC} + DL \cos \varphi'_{DL} \Delta \varphi_{DL} + LP \cos \varphi'_{LP} \Delta \varphi_{LP} &= \delta y, \\
 -[(PK + NH) \sin \varphi'_{LP} \Delta \varphi_{LP} + KE \sin \varphi'_{KE} \Delta \varphi_{KE} + FN \sin \varphi'_{DL} \Delta \varphi_{DL}] &= \delta x', \\
 (PK + NH) \cos \varphi'_{LP} \Delta \varphi_{LP} + KE \cos \varphi'_{KE} \Delta \varphi_{KE} + FN \cos \varphi'_{DL} \Delta \varphi_{DL} &= \delta y'. \quad (9)
 \end{aligned}$$

Данная система линейных уравнений (9) для определения неизвестных $\Delta \varphi_{BC}$, $\Delta \varphi_{DL}$, $\Delta \varphi_{KE}$, $\Delta \varphi_{LP}$ не представляет трудностей. Чтобы достичь большей точности, производится второе приближение и т. д.

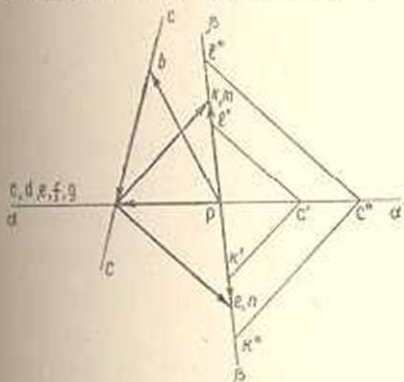
Займемся задачей определения скоростей для заранее построенного положения механизма при известной угловой скорости ведущего звена ω_{AB} . Вначале задачу решаем приближенным графическим методом (метод ложных положений).

Масштабом μ_v из полюса p откладываем масштабную величину pb вектора $\bar{V}_B$. Для определения скорости точки C имеем (см. фиг. 3)

$$\bar{V}_C = \bar{V}_B + \bar{V}_{C|B}. \quad (10)$$

Из уравнения (10) следует, что конец c вектора абсолютной скорости точки C находится на прямой $cc \perp BC$. Так как звено DCG совершает поступательное движение, то есть $\bar{V}_C = \bar{V}_D = \bar{V}_E = \bar{V}_F = \bar{V}_G$, то точки c, d, e, f, g на плане скоростей совпадают. Геометрическим местом возможных положений концов k, l векторов $\bar{V}_K$ и $\bar{V}_L$ является прямая $\beta\beta \perp KL$, притом $\bar{V}_K = -\bar{V}_L$, $\bar{PK} = -\bar{PL}$. Поэтому на прямой $\beta\beta$ выбираем равноудаленные от точки p „ложные положения“ $k'l'$ и $k''l''$ точек K и L , и на базе уравнений

$$\begin{aligned}
 \bar{V}_D &= \bar{V}_C = \bar{V}_L + \bar{V}_{D|L} \\
 \bar{V}_E &= \bar{V}_C = \bar{V}_K + \bar{V}_{E|K}
 \end{aligned} \quad (11)$$



Фиг. 3.

получаем ложные положения C' и C'' точки C . Из построения следует прохождение $C'C''$ через полюс p , то есть для построения геометрического места ложных положений точки C , прямой az , достаточно найти лишь одну точку C' . Истинное положение точки C будет располагаться в точке пересечения прямых az и $\beta\beta$. Далее, исходя из равенств (11) и условий $\bar{V}_K = \bar{V}_M$, $\bar{V}_L = \bar{V}_N$, определяем положения точек k , m и l , n . Имея линейные скорости, легко определить угловые скорости соответствующих звеньев.

При необходимости достижения большей точности можно применять численный метод. Перепишем равенства (1) и (3) в следующем виде:

$$\begin{aligned} AB\dot{e}_{AB} + BC\dot{e}_{BC} + CD\dot{e}_{CD} + DL\dot{e}_{DL} + LP\dot{e}_{LP} + \overline{PO} + \overline{OA} &= 0, \\ PK\dot{e}_{KP} + KE\dot{e}_{KE} + \overline{EF} + FN\dot{e}_{NL} + NH\dot{e}_{LP} + \overline{HP} &= 0, \end{aligned} \quad (12)$$

где $\dot{e}_{AB}$, $\dot{e}_{BC}$, ... — соответствующие единичные векторы. Дифференцируя равенства (16) по обобщенной координате φ_{AB} , получаем

$$AB\dot{e}_{AB} + BC\dot{e}_{BC}\dot{\varphi}_{BC} + DL\dot{e}_{DL}\dot{\varphi}_{DL} + LP\dot{e}_{LP}\dot{\varphi}_{LP} = 0, \quad (13)$$

$$PK\dot{e}_{KP}\dot{\varphi}_{KP} + KE\dot{e}_{KE}\dot{\varphi}_{KE} + FN\dot{e}_{NL}\dot{\varphi}_{NL} + NH\dot{e}_{LP}\dot{\varphi}_{LP} = 0. \quad (13')$$

где

$$\begin{aligned} \dot{e}_{KE} &= \frac{d\dot{e}_{KE}}{d\varphi_{KE}}, & \dot{e}_{AB} &= \frac{d\dot{e}_{AB}}{d\varphi_{AB}}, & \dot{e}_{BC} &= \frac{d\dot{e}_{BC}}{d\varphi_{BC}}, & \dot{e}_{DL} &= \frac{d\dot{e}_{DL}}{d\varphi_{DL}}, \\ & & \dot{e}_{LP} &= \frac{d\dot{e}_{LP}}{d\varphi_{LP}}. \end{aligned} \quad (14)$$

а

$$\dot{\varphi}_{KE}^* = \frac{d\varphi_{KE}}{d\varphi_{AB}}, \quad \dot{\varphi}_{BC}^* = \frac{d\varphi_{BC}}{d\varphi_{AB}}, \quad \dot{\varphi}_{DL}^* = \frac{d\varphi_{DL}}{d\varphi_{AB}}, \quad \dot{\varphi}_{LP}^* = \frac{d\varphi_{LP}}{d\varphi_{AB}}$$

—аналоги соответствующих угловых скоростей.

Скалярно умножая равенства (13), (13') на орты $\dot{e}_{BC}$ и $\dot{e}_{KE}$, соответственно получаем

$$AB\dot{e}_{AB}\dot{e}_{BC} + DL\dot{e}_{DL}\dot{e}_{BC}\dot{\varphi}_{DL} + LP\dot{e}_{LP}\dot{e}_{BC}\dot{\varphi}_{LP} = 0, \quad (15)$$

$$PK\dot{e}_{KP}\dot{e}_{KE}\dot{\varphi}_{KP} + FN\dot{e}_{NL}\dot{e}_{KE}\dot{\varphi}_{NL} + NH\dot{e}_{LP}\dot{e}_{KE}\dot{\varphi}_{LP} = 0. \quad (15')$$

Заменив скалярные произведения единичных векторов соответствующими тригонометрическими функциями, получаем

$$AB \sin(\varphi_{BC} - \varphi_{AB}) + DL \sin(\varphi_{BC} - \varphi_{DL})\dot{\varphi}_{DL} + LP \sin(\varphi_{BC} - \varphi_{LP})\dot{\varphi}_{LP} = 0, \quad (16)$$

$$PK \sin(\varphi_{KE} - \varphi_{LP})\dot{\varphi}_{LP} + FN \sin(\varphi_{KE} - \varphi_{NL})\dot{\varphi}_{NL} + NH \sin(\varphi_{KE} - \varphi_{LP})\dot{\varphi}_{LP} = 0.$$

Из этих линейных уравнений определяются величины φ'_{DL} , φ'_{LP} , а φ'_{BC} и φ'_{KE} определяются из равенств (13), (13'), умноженных на орты $\vec{e}_{DL}$ или $\vec{e}_{LP}$.

Имея аналоги угловых скоростей, следовательно и угловые скорости ($\omega_i = \varphi_i \omega_{AB}$), можно определить соответствующие линейные скорости. При постоянной величине $[\omega_{AB} = \text{const}]$ угловой скорости кривошипа AB , ускорение будет равно

$$a_B = a_B^n = \omega_{AB}^2 l_{AB}. \quad (17)$$

Из полюса π в масштабе μ_a откладываем масштабную величину πB ускорения a_B . Так как звено совершает плоско-параллельное движение, то

$$\vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{CB}^n + \vec{a}_{CB}^t, \quad (18)$$

(см. фиг. 4)

где $a_{CB}^n = \frac{v_{CB}^2}{l_{CB}}$ направлено по CB , а $\vec{a}_{CB}^t \perp CB$.

Из вышеизложенного ясно, что геометрическим местом действительных положений точки C является прямая $\beta\beta$. Далее очевидно, что

$$\vec{a}_K = -\vec{a}_L, \quad \vec{a}_K^n = -\vec{a}_L^n,$$

$$\vec{a}_K^t = -\vec{a}_L^t, \quad a_K^n = a_L^n = \frac{v_{PK}^2}{l_{PK}}. \quad (19)$$

По выражениям (19) находим точки n_3, n_4 , и из этих точек проводим $t_K t_K, t_L t_L \perp n_3, n_4$, на которых соответственно находятся равноудаленные от полюса π концы k, l векторов a_K и a_L . Если выберем „ложное“ положение $k'l'$ отрезка kl и учтем, что для поступательно движущейся пилы $\vec{a}_C = \vec{a}_D = \vec{a}_E = \vec{a}_F = \vec{a}_G$, то

$$\vec{a}_C = \vec{a}_E = \vec{a}_K + \vec{a}_{EK}^n, \quad \vec{a}_{EK}^n = -\vec{a}_{KE}^n, \quad a_K^n = \frac{v_{KE}^2}{l_{KE}}, \quad (20)$$

$$\vec{a}_C = \vec{a}_D = \vec{a}_L + \vec{a}_{LD}^n + \vec{a}_{LD}^t, \quad \vec{a}_{LD}^n = -\vec{a}_{LD}^n, \quad a_{LD}^n = \frac{v_{LD}^2}{l_{LD}}.$$

По этим равенствам можно определить „ложные“ положения C' и C'' точки C . Из построения следует, что геометрическое место ложных положений—прямая $\alpha\alpha$, проходит через полюс π , пересечением которой с прямой $\beta\beta$ определяется точка C . Далее построениями в обратном порядке по следующим уравнениям:

$$\vec{a}_L = \vec{a}_D + \vec{a}_{LD}^n + \vec{a}_{LD}^t, \quad \vec{a}_K = \vec{a}_E + \vec{a}_{KE}^n + \vec{a}_{KE}^t \quad (21)$$

определяем точки l, k и совпадающие с ними n, m . При известных

тангенциальных ускорениях и длинах звеньев можно определить соответствующие угловые ускорения.

Для решения задачи более точным численным методом продифференцируем уравнения (13) и (13') по обобщенной координате φ_{AB}

$$AB\dot{e}_{AB} + BC\dot{e}_{BC}\dot{\varphi}_{BC}^2 + BC\dot{\varphi}_{BC}\dot{e}_{BC} + DL\dot{e}_{DL}\dot{\varphi}_{DL}^2 + \\ + DL\dot{\varphi}_{DL}\dot{\varphi}_{LP}^2 + LP\dot{e}_{LP}\dot{\varphi}_{LP}^2 + LP\dot{\varphi}_{LP}\dot{e}_{LP} = 0, \quad (22)$$

$$PK\dot{e}_{LP}\dot{\varphi}_{LP}^2 + PK\dot{\varphi}_{LP}\dot{e}_{LP} + KE\dot{e}_{KE}\dot{\varphi}_{KE}^2 + KE\dot{\varphi}_{KE}\dot{e}_{KE} + FN\dot{e}_{DL}\dot{\varphi}_{DL}^2 + \\ + FN\dot{\varphi}_{DL}\dot{e}_{DL} + NH\dot{e}_{LP}\dot{\varphi}_{LP}^2 + NH\dot{\varphi}_{LP}\dot{e}_{LP} = 0, \quad (22')$$

где

$$\dot{e}_{LP} = \frac{d^2\dot{e}_{LP}}{d\varphi_{LP}^2}, \quad \dot{e}_{AB} = \frac{d^2\dot{e}_{AB}}{d\varphi_{AB}^2}, \quad \dot{e}_{BC} = \frac{d^2\dot{e}_{BC}}{d\varphi_{BC}^2}, \quad \dot{e}_{KE} = \frac{d^2\dot{e}_{KE}}{d\varphi_{KE}^2}, \quad (23)$$

а

$$\dot{\varphi}_{BC} = \frac{d^2\dot{\varphi}_{BC}}{d\varphi_{AB}^2}, \quad \dot{\varphi}_{DL} = \frac{d^2\dot{\varphi}_{DL}}{d\varphi_{AB}^2}, \quad \dot{\varphi}_{LP} = \frac{d^2\dot{\varphi}_{LP}}{d\varphi_{AB}^2}, \quad \dot{\varphi}_{KE} = \frac{d^2\dot{\varphi}_{KE}}{d\varphi_{AB}^2}$$

— аналоги угловых ускорений.

Скалярно умножая векторные равенства (22), (22') соответственно на орты $\dot{e}_{BC}$ и $\dot{e}_{KE}$ и вводя вместо сохраненных векторных произведений определенные тригонометрические выражения, получаем

$$-AB \cos(\varphi_{AB} - \varphi_{BC}) - BC\dot{\varphi}_{BC}^2 - DL \cos(\varphi_{DL} - \varphi_{BC})\dot{\varphi}_{DL}^2 + \\ + DL \cos(\varphi_{DL} - \varphi_{BC})\dot{\varphi}_{DL}\dot{\varphi}_{LP}^2 - LP \cos(\varphi_{LP} - \varphi_{BC})\dot{\varphi}_{LP}^2 + \\ + LP \cos(\varphi_{LP} - \varphi_{BC})\dot{\varphi}_{LP} = 0, \quad (24) \\ -PK \cos(\varphi_{LP} - \varphi_{KE})\dot{\varphi}_{LP}^2 + PK \cos(\varphi_{LP} - \varphi_{KE})\dot{\varphi}_{LP}\dot{e}_{LP} - KE\dot{\varphi}_{KE}^2 - \\ - FN \cos(\varphi_{DL} - \varphi_{KE})\dot{\varphi}_{DL}^2 + FN \cos(\varphi_{DL} - \varphi_{KE})\dot{\varphi}_{DL}\dot{e}_{DL} - \\ - NH \cos(\varphi_{LP} - \varphi_{KE})\dot{\varphi}_{LP}^2 + NH \cos(\varphi_{LP} - \varphi_{KE})\dot{\varphi}_{LP}\dot{e}_{LP} = 0.$$

Таким образом, мы получили систему 2 линейных уравнений, откуда нетрудно определить искомые аналоги $\dot{\varphi}_{LP}$, $\dot{\varphi}_{DL}$ угловых ускорений. Величины $\dot{\varphi}_{BC}$, $\dot{\varphi}_{KE}$ определяются из равенств (22) и (22') умножением последних на орты $\dot{e}_{DL}$ и $\dot{e}_{LP}$ и последующим преобразованием, аналогичным с рассмотренным выше случаем. Величины любых линейных ускорений легко определить, пользуясь известными аналогами угловых ускорений и их истинных величин ($\dot{e}_i = \dot{\varphi}_i^2 v_{AB}^2$).

Разные точки базисного звена DCG описывают семейство замкнутых шатунных кривых, вид и размеры которых зависят от известных параметров рассматриваемого механизма.

Между координатами точек C и L существует рекуррентное соотношение, которое представляется в следующем виде (фиг. 1):

$$\begin{aligned}x_L &= L + AB \cos \varphi - BC \cos \alpha - CD \cos \omega + DL \cos \gamma, \\y_L &= AB \sin \varphi + BC \sin \alpha + CD \sin \omega + DL \sin \gamma.\end{aligned}\quad (25)$$

Из фиг. 1 очевидно, что

$$\varphi = 180^\circ - (\beta + \eta), \quad \alpha = \eta - \theta. \quad (26)$$

Из $\triangle ABC$ имеем

$$\begin{aligned}\cos \beta &= \frac{AC^2 + AB^2 - BC^2}{2AC \cdot AB}, \\ \sin \beta &= \pm \frac{\sqrt{4AC^2 AB^2 - (AC^2 + AB^2 - BC^2)^2}}{2 \cdot AC \cdot AB}, \\ \cos \theta &= \frac{AC^2 + BC^2 - AB^2}{2 \cdot AC \cdot BC}, \\ \sin \theta &= \pm \frac{\sqrt{4AC^2 BC^2 - (AC^2 + BC^2 - AB^2)^2}}{2 \cdot AC \cdot BC},\end{aligned}\quad (27)$$

где

$$AC = \sqrt{y^2 + (L - x)^2}.$$

Кроме того, имеем

$$\cos \eta = \frac{L - x}{AC}, \quad \sin \eta = \frac{y}{AC}, \quad (28)$$

$\angle KED = \angle KLD$, так как KD — общая сторона, $KE = LD$, а $KL = DE$ и, следовательно, $\angle KED = \angle KLD$. Вводим следующие обозначения $\angle KED = \gamma_1$, $\angle LDE = \gamma$. Таким образом,

$$\angle KED = \gamma = \rho, \quad \gamma - \rho = \gamma_1. \quad (29)$$

Из фиг. 1 имеем

$$h = DL \sin \gamma - PL \sin \rho, \quad (30)$$

$$h = KE \sin \gamma_1 - PK \sin \rho. \quad (31)$$

Из системы трех уравнений (29), (30), (31) определяются γ , γ_1 , ρ . Подставляя в уравнение окружности, описываемой точкой L ,

$$x_L^2 = (y_L - H)^2 = PL^2$$

выражения x_L , y_L из (25) и пользуясь выражениями $\cos \gamma$, $\sin \gamma$, определенными из системы (29)–(31), и выражениями $\sin \varphi$, $\cos \varphi$, $\sin \alpha$, $\cos \alpha$, определенными из системы (26)–(28), получаем уравнение искомой шатунной кривой.

Մ. Բ. ԷԴԻՅԱՆ, ՅՈՒ. Լ. ՏԱՐԿԻՅԱՆ

ՇՏՐԻՊՍԱՅԻՆ ՄՆԵԱՆԻՉՄԻ ԿԻՆԵՄԱՏՐԿԱԿԱՆ ԱՆԱԼԻԶ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Աշխատությունը նվիրված է քարի սղոցման հաստոցի շտրիպային մեխանիզմի կինեմատիկական անալիզին: Կառուցվածքային հասկանիչը բարդացնում է մեխանիզմի տատման ժամանակահատվածները և բացառում խնդրի ճշգրիտ լուծումը: Աշխատության մեջ տառադարձվում են հետազոտության մոտավոր գրաֆիկական (կեղծ գիրքերի) և հաշվային մեթոդներ, որոնք հնարավորություն են ընձևում, կլնելով կտրման պահանջվող արագությունից, բավարար ճշտությամբ որոշել տանող օղակի համապատասխան պատասխավել: Նշված է բաղիտային օղակի որոշակի կետի արտագծած շարժաթեկային կտրի համարման արտածումը: