

## СИНТЕЗ ГРЕЙФЕРНОГО КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

Н. П. ТЫРСА

(Представлена научным семинаром кафедры прикладной механики)

Грейферный механизм в съёмочной камере служит для прерывистого транспортирования пленки. Вопросами проектирования грейферных механизмов занимались В. Лихтенхельд [3] и С. М. Проворнов [2], которыми предложены графические способы синтеза грейферных шарнирных четырехзвенников. Аналитическое определение параметров кинематической схемы грейферных механизмов посредством общих методов синтеза механизмов представляет довольно громоздкую и сложную задачу. Однако ее можно существенно упростить и довести до инженерного решения, если использовать ряд положений кинематической геометрии и теории наилучшего приближения по Чебышеву.

Кривая 1 или 2 (рис. 1), по которой движется транспортирующая точка зуба грейфера, должна обеспечить в такте входа условия, при которых зацепление зуба с кромкой перфотверстия осуществляется без их большого совместного пути. Этим должна быть исключена опасность разрушения перемычки киноленты под действием движущей силы. В такте рабочего хода необходимо, чтобы транспортирование осуществлялось за определенную часть поворота ведущего звена механизма, а траектория ведущей точки зуба соответствовала форме фильмового канала. При прямолинейном фильмовом канале следует добиться достаточно хорошего приближения участка транспортирования грейферной кривой к прямой линии. Благодаря этому уменьшается как износ рабочей грани зуба и кромки перфорированного отверстия, так и опасность вывода пленки из плоского напряженного состояния. В такте выхода зуба из зацепления с пленкой требуется, чтобы зуб в конечной фазе не транспортировал пленку.

Выполнение ряда требований, предъявляемых к грейферному механизму в целом, обязывает так распорядиться ограниченным числом параметров кинематической схемы механизма, чтобы наиболее полно удовлетворить поставленным условиям. Ниже рассматривается аналитический и графический способы проектирования кривошипно-ползунного грейферного механизма, на наш взгляд, обеспечивающие выполнение ряда перечисленных требований.

При синтезе грейферного механизма будем считать заданными: а) угол поворота  $\varphi_{14}$  ведущего звена и отрезок  $C_1C_4$  на линии  $f-f$  фильмового канала, соответствующие такту транспортирования, при этом  $C_1C_4=L_0=1$ ; б) положение центра ползуна  $B_1$  с координатами  $X_{B_1}$ ,  $Y_{B_1}$  и направление линии перемещения  $b-b$  его центра — угол  $\nu$  (рис. 2).

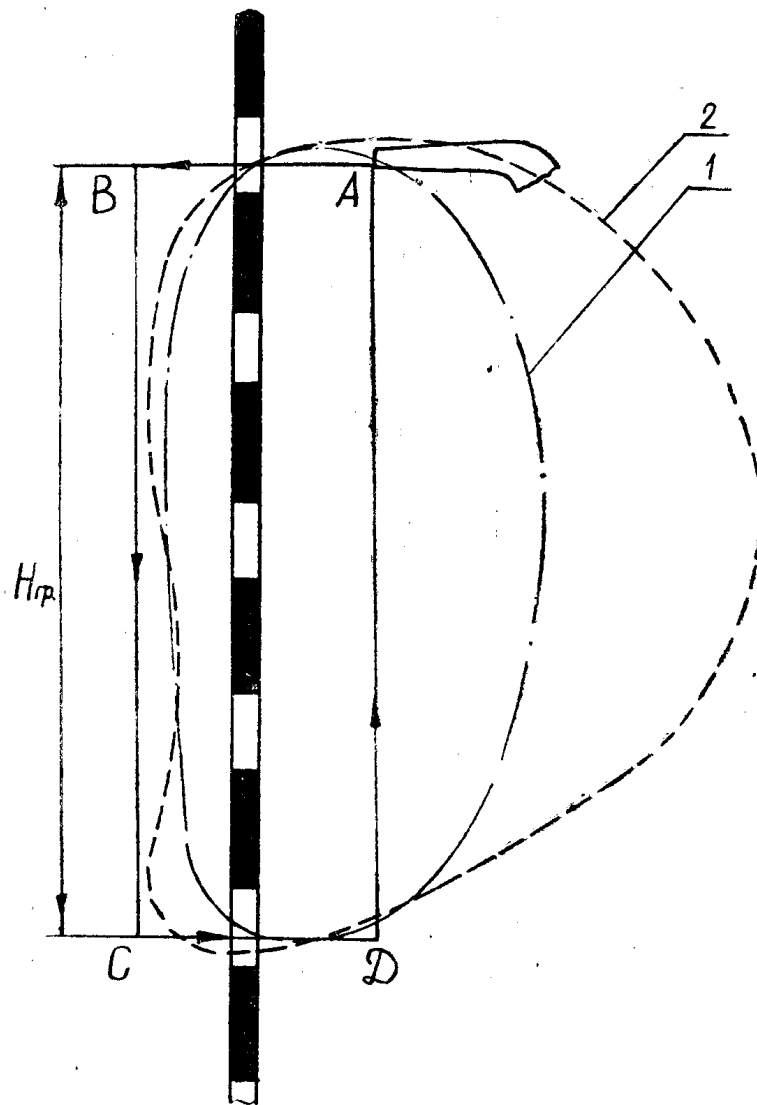


Рис. 1.  $AB$  — такт входа зуба грейфера,  $BC-H_{гр}$  — такт транспортирования пленки,  $CD$  — такт выхода зуба из перфорации

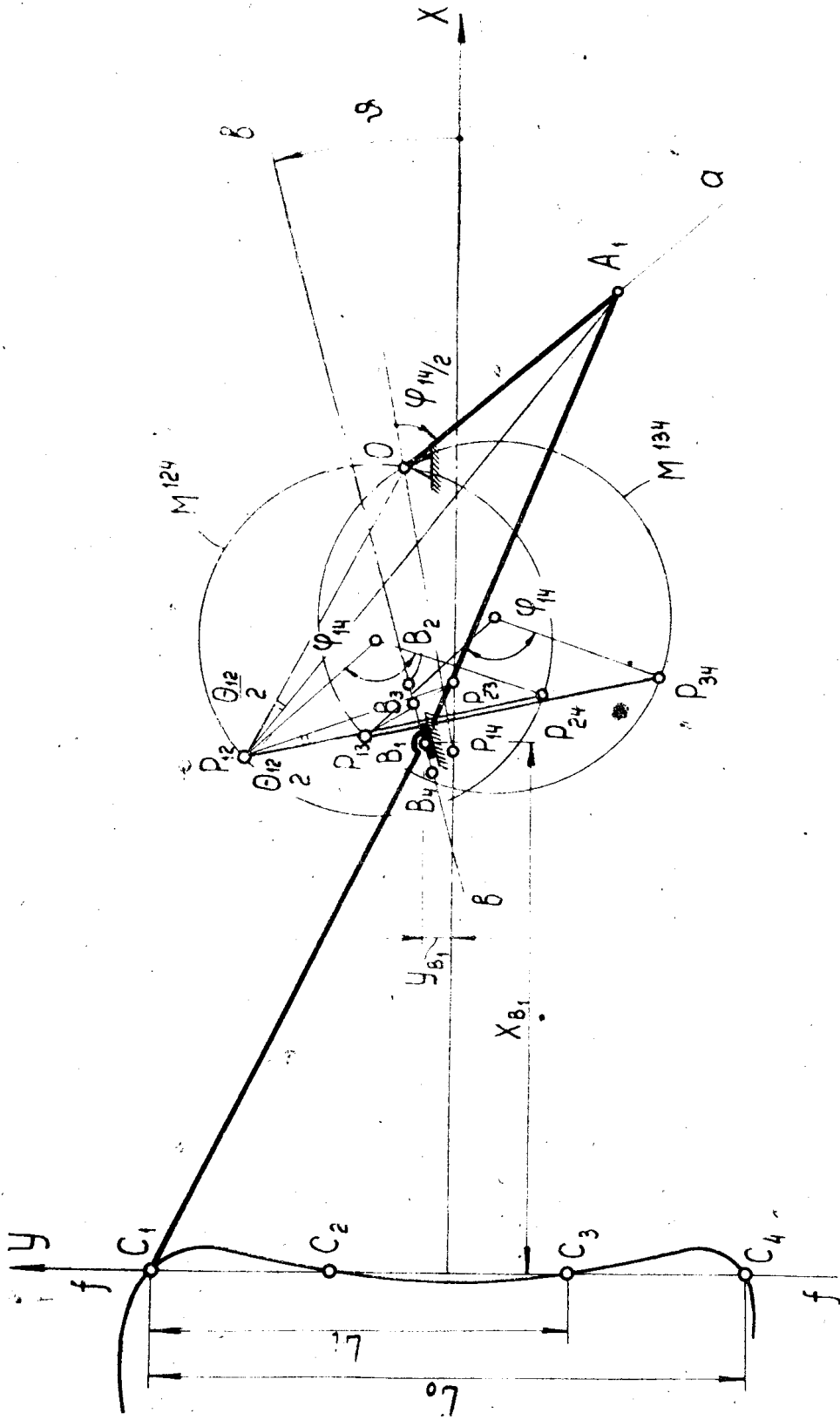


Рис. 2

Требуется определить положения центров подвижного и неподвижного шарниров ведущего звена механизма.

1. Для обеспечения качественного транспортирования потребуем, чтобы траектория ведущей точки зуба грейфера имела четыре общие точки с линией отрезка  $C_1C_4$ . Расположение точек  $C_1, C_2, C_3$  и  $C_4$  определим формулой

$$L_i = 0,5L_0 \left( 1 - \frac{\cos \frac{2i-1}{2n}}{\cos \frac{\pi}{8}} \right), \quad (1)$$

где  $i$  — номер узла интерполирования,  $i = 1, 2, 3, 4$ ;

$n$  — число простых узлов интерполирования,  $n = 4$ ;

$L_0$  — длина заданного отрезка приближения,  $L_0 = 1$ ;

$L_i$  — длина отрезка заданного участка приближения, измеряемая от начала участка приближения до  $i$ -го узла.

2. Положения подвижной плоскости  $S_1, S_2, S_3$  и  $S_4$  механизма вполне заданы положениями  $C_1B_1, C_2B_2, C_3B_3$  и  $C_4B_4$  шатунного отрезка  $C_1B_1$ . Найдем полюсы конечных поворотов  $P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{23}, P_{24}, P_{34}$ .

Вспомогательные геометрические места  $M^{124}$  и  $M^{134}$ , опирающиеся соответственно на хорды  $P_{12}P_{24}$  и  $P_{13}P_{34}$  центральным углом  $\varphi_{14}$ , пересекаются в точках  $M'$  и  $M''$  (рис. 3).

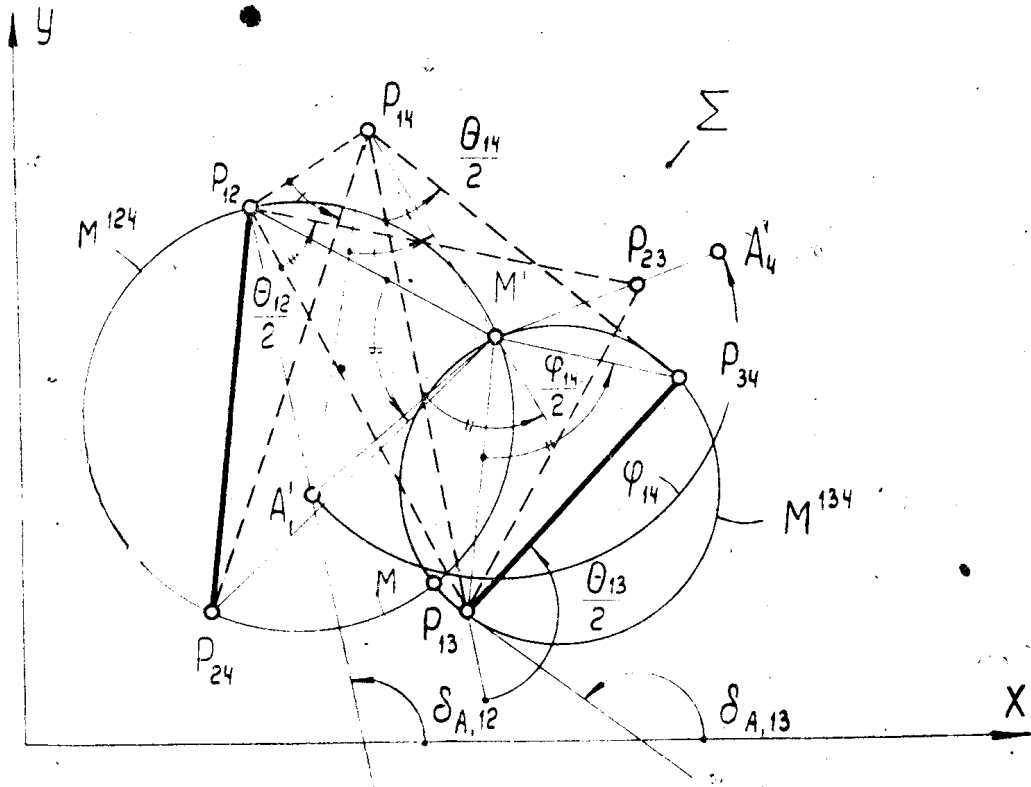


Рис. 3

Очевидно, что

$$\left. \begin{aligned} \angle \overline{P_{12}M'P_{24}} = \angle \overline{P_{13}M'P_{34}} = \frac{1}{2} \overline{\varphi_{14}}; \\ \angle \overline{P_{12}M''P_{24}} = \angle \overline{P_{13}M''P_{34}} = \frac{1}{2} \overline{\varphi_{14}} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Центру  $M'$  в неподвижной плоскости  $\Sigma$  соответствует в  $S_1$  круговая точка  $A'_1$ , центру  $M''$  — точка  $A''_1$  (на рис. 3 не указана). На основании справедливости выражений

$$\left. \begin{aligned} \angle \overline{P_{13}M'P_{34}} = \angle \overline{A'_1M'P_{14}}; \\ \angle \overline{P_{13}M''P_{34}} = \angle \overline{A''_1M''P_{14}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

можно сказать, что

$$\angle \overline{A'_1M'A'_1} = \angle \overline{A''_1M''A''_1} = \overline{\varphi_{14}} \quad (4)$$

Таким образом, точки  $M'$  и  $M''$  являются точками кривой центров  $M^{1234}$ , круговые точки которых  $A'_1$  и  $A''_1$ , из положения  $S_1$  в положение  $S_4$  поворачиваются на заданный угол  $\varphi_{14}$ . Поместив, например, в точке  $M'$  центр  $O$  неподвижного шарнира кривошипа, а в точке  $A'$  центр  $A_1$  подвижного шарнира кривошипа, получим кривошипно-ползунный механизм  $OA_1B_1$ , у которого шатунная точка  $C_1$  проходит отрезок  $C_1C_4$ , в то время как кривошип  $OA_1$  повернется на угол  $\varphi_{14}$ .

3. В системе координат, связанной со стойкой механизма, координаты неподвижного центра  $O$  кривошипа  $OA_1$  подсчитываются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} Y_o = - \frac{p_2 - \sqrt{p_2^2 - 4p_1 \cdot p_3}}{2p_1}; \\ X_o = \frac{Y_o \cdot q_1 + q_2}{q_3}, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где коэффициенты  $p_1, p_2, p_3$  находятся из выражений

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= \operatorname{tg} \frac{\varphi_{14}}{2} (q_1^2 + q_3^2); \\ p_2 &= \operatorname{tg} \frac{\varphi_{14}}{2} (2q_1 \cdot q_2 - m_1 q_1 q_3 - m_2 q_3^2) + q_1 q_3 n_2 - q_3^2 n_1; \\ p_3 &= \operatorname{tg} \frac{\varphi_{14}}{2} (q_2^2 - m_1 q_2 q_3) + n_2 q_2 q_3 + q_3^2 q_4. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Здесь обозначено:

$$\left. \begin{aligned} q_1 &= \operatorname{tg} \frac{\varphi_{14}}{2} (m_4 - m_2) - n_1 + n_3; \\ q_2 &= \operatorname{tg} \frac{\varphi_{14}}{2} (l_1 - l_2) + l_3 - l_4; \\ q_3 &= \operatorname{tg} \frac{\varphi_{14}}{2} (m_1 - m_3) + n_4 - n_2; \\ q_4 &= \operatorname{tg} \frac{\varphi_{14}}{2} l_1 + l_3. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} m_1 &= X_{12} + X_{24}; \\ m_2 &= Y_{12} + Y_{24}; \\ m_3 &= X_{13} + X_{34}; \\ m_4 &= Y_{13} + Y_{34}. \end{aligned} \right\} \quad (8) \quad \left. \begin{aligned} n_1 &= X_{12} - X_{24}; \\ n_2 &= Y_{12} - Y_{24}; \\ n_3 &= X_{13} - X_{34}; \\ n_4 &= Y_{13} - Y_{34}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

$$\left. \begin{aligned} l_1 &= X_{12} \cdot X_{24} + Y_{12} \cdot Y_{24}; & l_2 &= X_{13} \cdot X_{34} + Y_{13} \cdot Y_{34}; \\ l_3 &= X_{12} \cdot Y_{24} - Y_{12} \cdot X_{24}; & l_4 &= X_{13} \cdot Y_{34} - Y_{13} \cdot X_{34}. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Координаты центра подвижного шарнира  $A_1$  найдем, используя методику профессора С. А. Черкудинова [1].

$$\left. \begin{aligned} X_{A_1} &= \frac{Y_{13} - Y_{12} + X_{12} \operatorname{tg} \delta_{A_1, 12} - X_{13} \operatorname{tg} \delta_{A_1, 13}}{\operatorname{tg} \delta_{A_1, 12} - \operatorname{tg} \delta_{A_1, 13}}; \\ Y_{A_1} &= Y_{12} + \operatorname{tg} \delta_{A_1, 12} (X_{A_1} - X_{12}), \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_{A_1, 12} &= \frac{Y_o - Y_{12} - (X_o - X_{12}) \operatorname{tg} \frac{\theta_{12}}{2}}{X_o - X_{12} + (Y_o - Y_{12}) \operatorname{tg} \frac{\theta_{12}}{2}}; \\ \operatorname{tg} \delta_{A_1, 13} &= \frac{Y_o - Y_{13} - (X_o - X_{13}) \operatorname{tg} \frac{\theta_{13}}{2}}{X_o - X_{13} + (Y_o - Y_{13}) \operatorname{tg} \frac{\theta_{13}}{2}}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Здесь  $\delta_{A_1, 12}$  и  $\delta_{A_1, 13}$  — углы наклона к оси абсцисс прямых  $P_1A_2$  и  $P_{13}A_1$ ;  $\frac{\theta_{12}}{2}$  и  $\frac{\theta_{13}}{2}$  — углы при  $P_{12}$  и  $P_{13}$  в полюсном треугольнике  $P_{12}P_{13}P_{23}$  (рис. 3).

Значения тригонометрических функций углов  $\theta_{13}$  и  $\theta_{12}$  можно найти так:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\theta_{12}}{2} &= \frac{(X_{13} - X_{12})(Y_{12} - Y_{23}) - (X_{12} - X_{23})(Y_{13} - Y_{12})}{(X_{13} - X_{12})(X_{12} - X_{23}) + (Y_{12} - Y_{23})(Y_{13} - Y_{12})}; \\ \operatorname{tg} \frac{\theta_{13}}{2} &= \frac{(X_{13} - X_{12})(Y_{13} - Y_{23}) - (X_{13} - X_{23})(Y_{13} - Y_{12})}{(X_{13} - X_{23})(X_{13} - X_{12}) + (Y_{13} - Y_{23})(Y_{13} - Y_{12})}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

По известным координатам шарниров  $O$  и  $A_1$  не составляет труда подсчитать параметры кинематической схемы грейферного кривошипно-ползунного механизма.

4. На рис. 2 показаны построения, необходимые для нахождения центров  $O$  и  $A_1$  грейферного механизма с отрицательным углом  $\varphi_{14}$ . С достаточной для практики точностью положено, что  $C_2C_3 = 0,4 C_1C_4$ . Точка  $O$  пересечения окружностей  $M^{124}$  и  $M^{134}$  дает центр неподвижному шарниру кривошипа. Для нахождения центра шарнира  $A_1$  необходимо:

а) прямую  $OP_{14}$  повернуть вокруг  $O$  на угол  $\frac{\varphi_{14}}{2}$  против хода часовой стрелки (для  $\varphi_{14} < 0$  — по ходу часовой стрелки) и провести луч  $Oa$ ;

б) прямую  $OP_{12}$  повернуть вокруг  $P_{12}$  на угол  $\frac{\theta_{12}}{2}$  по ходу часовой

стрелки; точка  $A_1$  пересечения с лучом  $Oa$  дает положение центру подвижного шарнира кривошипа  $OA_1$ .

5. Варьируя параметром  $\varphi_{14}$ , положением центра и направлением линии перемещения  $b-b$  ползуна  $B_1$ , можно получить семейства механизмов и этим самым решить вопросы, связанные со встраиваемостью механизма в кинокамеру, требуемым коэффициентом транспортирования киноленты, условиями входа — выхода зуба из перфоотверстия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. А. Черкудинов. Синтез плоских шарнирно-рычажных механизмов. Изд-во АН СССР, Москва, 1959.
2. А. М. Мелик-Степанян, С. М. Проворнов. Детали и механизмы киноаппаратуры. Изд-во «Искусство», Москва, 1959.
3. В. Лихтенхельдт. Синтез механизмов. Изд-во «Наука», Москва, 1964.