

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 φ_{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 ν (рис. 2).

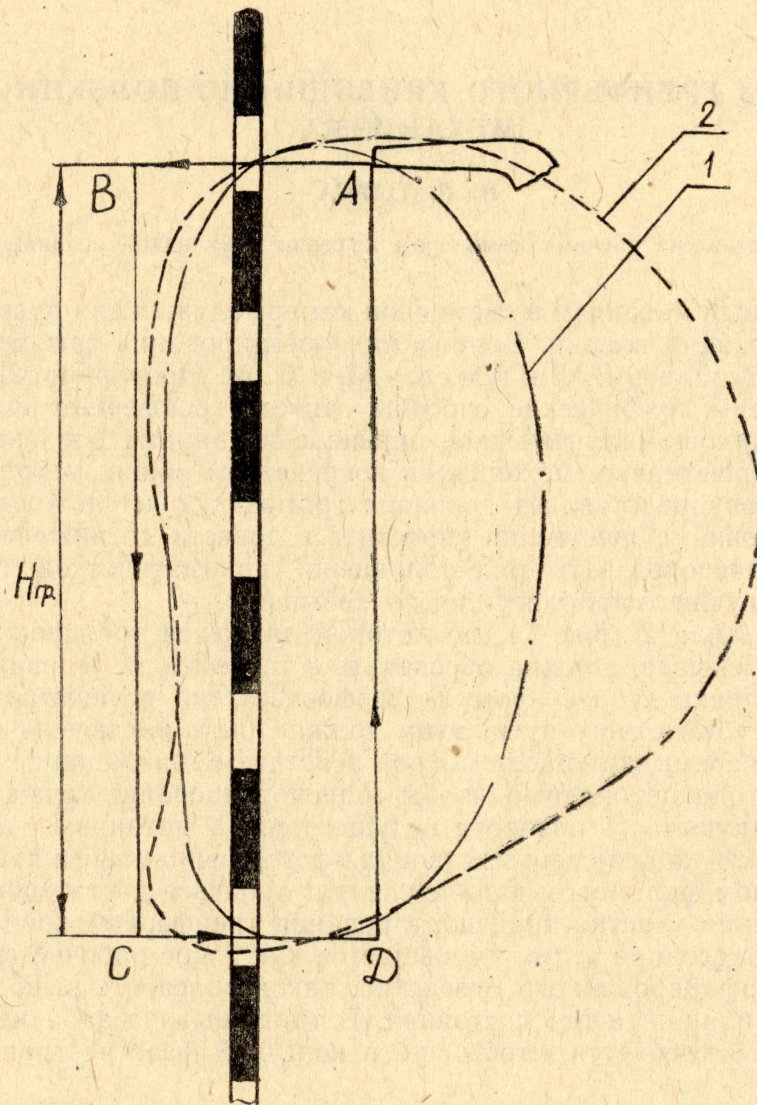


Рис. 1. AB — такт входа зуба грейфера, $BC-H_{гр}$ — такт транспортирования пленки, CD — такт выхода зуба из перфорации

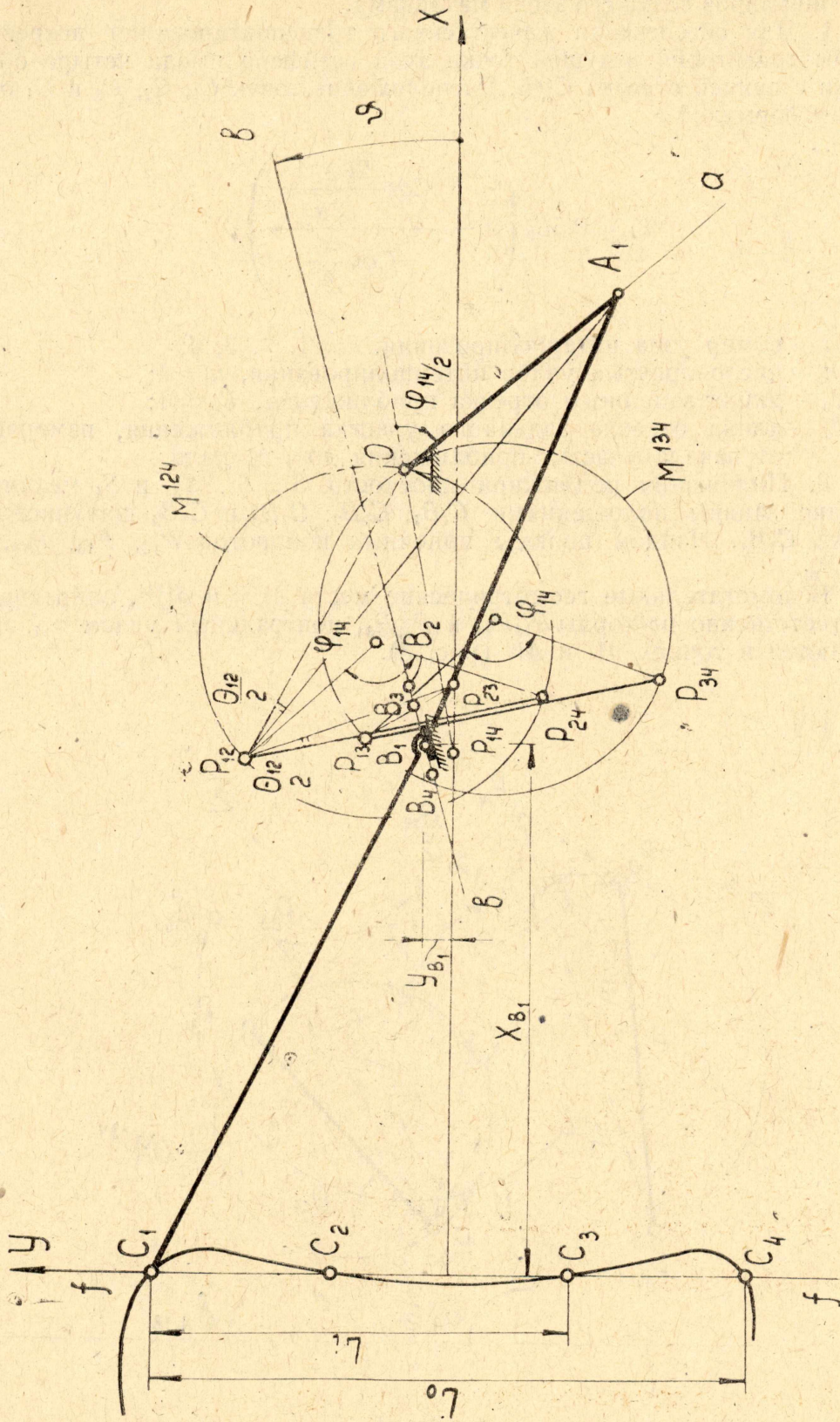


Рис. 2

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 φ_{14} , пересекаются в точках M' и M'' (рис. 3).

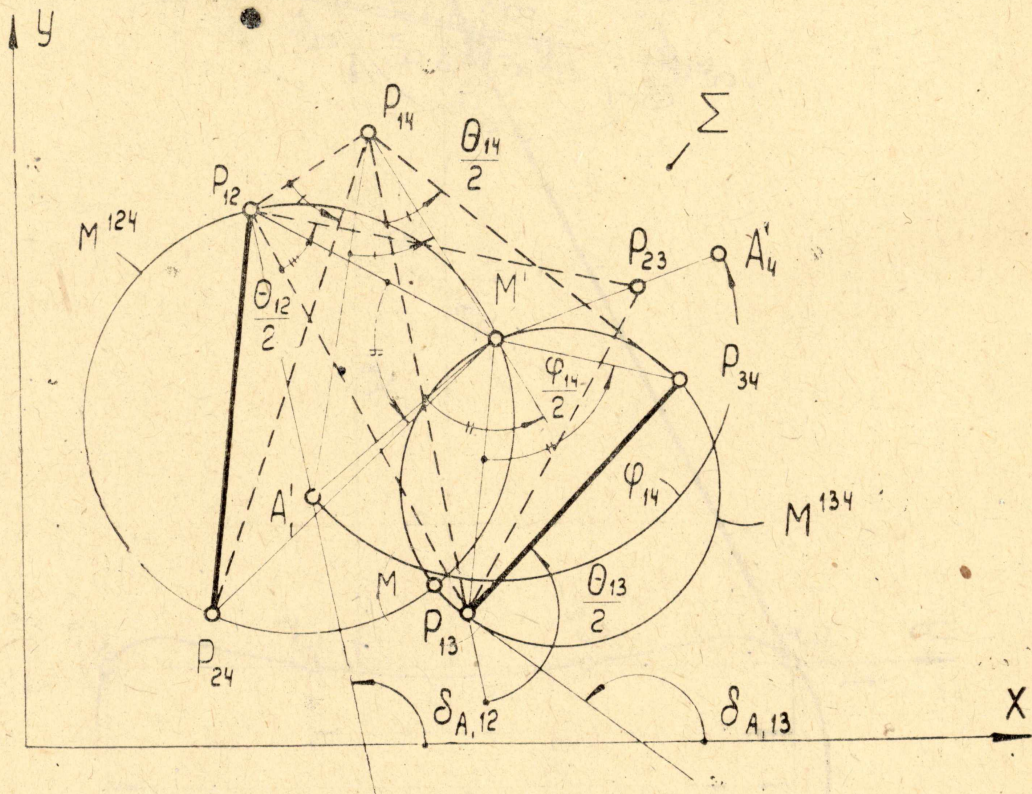


Рис. 3

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 Σ 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

$$\angle \overline{A'_1M'A'_4} = \angle \overline{A''_1M''A''_4} = \overline{\varphi_{14}} \quad (4)$$

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 φ_{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 φ_{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 Θ_{13} и Θ_{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 φ_{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 φ_{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.