



катели  $BN$  и  $AL$ , выполненные в виде заостренных шупов, передают движение коромыслам  $NO_1F$  и  $LOC$ . Конец  $F$  коромысла  $NO_1F$  снабжен фрезой, конец  $C$  второго коромысла шарнирно скреплен с рабочим столом, совершающим плоско-параллельное движение, что дает возможность одновременно обрабатывать несколько деталей путем крепления на коромысле  $O_1F$  дополнительных фрез. В результате одновременного движения стола и фрезы последняя описывает на обрабатываемой детали некоторую кривую, форма которой определяется профилем кулачков. Нахождение этих профилей по заданной форме фрезеруемого контура и является целью настоящей работы.

При решении задачи будем считать заданными:

расстояние  $OO_1 = 2a$  между осями качаний коромысел;

длины  $OC = O_1F = r$  и  $OL = O_1N = l_0$  участков коромысел;

расстояние  $OK = O_1K = C$  между осью вращения кулачков и осями качаний коромысел;

длины шупов  $LA = BN = l_T$ ;

угол изогнутости коромысел  $\widehat{COL} = \widehat{FO_1N} = \beta$ ;

угол наклона шупов к коромыслу  $\widehat{OLA} = \widehat{O_1NB}$ .

По известным  $l_0$ ,  $l_T$  и углу  $\widehat{OLA}$  с помощью теоремы косинусов легко определяется расстояние  $l$  (от оси качания коромысла до точки соприкосновения шупа с кулачком) и угол  $\widehat{AOL} = \widehat{BO_1N}$ . Поэтому в дальнейшем  $l = OA = O_1B$  будем считать известным, а угол  $\widehat{COA} = \widehat{FO_1B} = \alpha - \widehat{LOA}$  обозначим  $\alpha$ .

Свяжем жестко с центром стола систему координат  $xSy$ . Тогда поставленная задача сведется к нахождению радиусов кулачков стола и фрезы в зависимости от координат  $x$ ,  $y$  точек фрезеруемого контура. Последние связаны с углами поворота коромысел  $\varphi$  и  $\psi$  системой уравнений (1), полученной из очевидных геометрических соображений:

$$\begin{cases} 2a = r \cos \varphi + x + r \cos \psi; \\ r \sin \varphi = r \sin \psi - y. \end{cases} \quad (1)$$

Систему (1) легко привести к виду

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \frac{\varphi - \psi}{2} = \frac{y}{x - 2a}; \\ \operatorname{tg} \frac{\varphi + \psi}{2} = \frac{4r^2 - y^2 - (2a - x)^2}{y^2 + (2a - x)^2}. \end{cases} \quad (2)$$

Из второго уравнения (2) вытекает следующее ограничение на параметры конструкции:  $4r^2 > 4a^2 - 4ax + x^2 + y^2$ . Но очевидно, что при небольших размерах фрезеруемых контуров по

сравнению с размерами основных звеньев механизма легко добиться выполнения последнего неравенства, взяв  $r$  достаточно превосходящим  $a$ . Далее, так как  $\varphi + \psi < \pi$ , то при извлечении квадратного корня из обеих частей второго уравнения (2) надо брать перед корнем знак "+". В результате придем к следующему решению системы (2):

$$\begin{cases} \varphi = \arctg \sqrt{\frac{4r^2 - y^2 - (2a - x)^2}{y^2 + (2a - x)^2}} + \arctg \frac{y}{x - 2a}; \\ \psi = \arctg \sqrt{\frac{4r^2 - y^2 - (2a - x)^2}{y^2 + (2a - x)^2}} - \arctg \frac{y}{x - 2a}. \end{cases} \quad (3)$$

Зная  $\varphi$  и  $\psi$ , определим углы  $\alpha_c$  и  $\alpha_\phi$ , необходимые для нахождения радиусов кулачков

$$\begin{cases} \alpha_c = \alpha - \varphi_0 - \varphi; \\ \alpha_\phi = \alpha - \varphi_0 - \psi, \end{cases} \quad (4)$$

где  $\varphi_0 = \arccos \frac{a}{c}$ . Из треугольников АОК и ВО<sub>1</sub>К с помощью теоремы косинусов найдем искомые радиусы

$$\begin{cases} r_c^2 = l^2 + c^2 - 2cl \cos \alpha_c; \\ r_\phi^2 = l^2 + c^2 - 2cl \cos \alpha_\phi. \end{cases} \quad (5)$$

Итак, для каждой точки фрезеруемого контура с координатами  $(x, y)$  найдены значения радиусов кулачков стола и фрезы, определяемые формулами (3 - 5).

Для выполнения соответствующих расчетов составлена универсальная программа на языке "Фортран" для ЭВМ "Минск-32". Разбивая заданный контур на  $n$  частей, определяем координаты точек деления, которые заносятся в массивы  $X(n)$ ,  $Y(n)$ . По этим данным на печать выдается таблица значений для радиусов кулачков  $r_c$  и  $r_\phi$ . Если теперь разбить две произвольные окружности на  $n$  равных частей и отложить на каждом из радиусов найденные значения  $r_c$  и  $r_\phi$  соответственно, то, соединяя полученные точки непрерывной плавной кривой, придем к искомым профилям кулачков. Эту часть работы также может выполнить ЭВМ.

В качестве примеров проводились расчеты профилей кулачков для случаев, когда фрезеруемый контур представляет собой окружность, квадрат и скрипичный ключ. За исходные брались параметры фрезерно-копировального станка фирмы "Биллетер". Для скрипичного ключа -  $n = 77$ , в других случаях -  $n = 72$ .

На рис. 2 приведены полученные профили кулачков для окружности радиуса 15 мм. Надо отметить, что для получения замкнутых профилей при фрезеровании незамкнутых контуров необходимо дополнить контур до замкнутого с учетом холостого хода фрезы на этом участке.

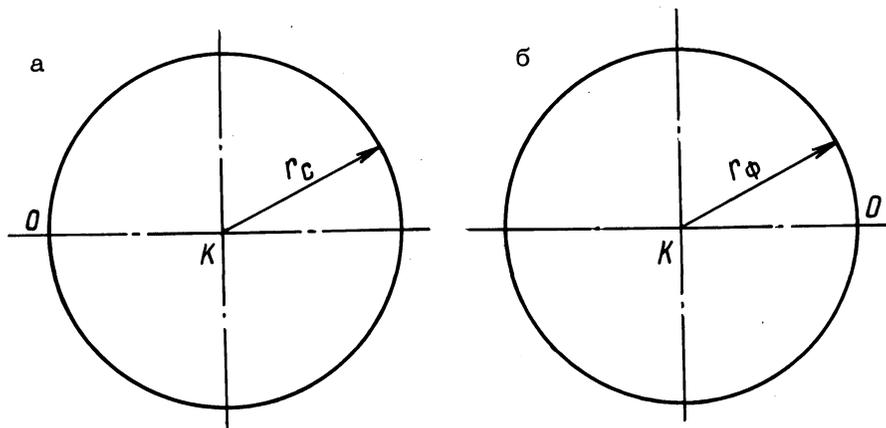


Рис. 2. Профили кулачков стола (а) и фрезы (б).

Приведенная схема дает универсальный и простой метод расчета кулачков описанного механизма, использование которого не ограничивается фрезерно-копировальными станками.

УДК 621.91

В.И.Ходырев, канд. техн. наук (ММИ),  
В.А.Молочков, инженер (ММИ),  
А.А.Рязанцев, инженер (ММИ)

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕРЬ НА ТРЕНИЕ И ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ РОТАЦИОННОГО ИНСТРУМЕНТА

Технологические возможности ротационных инструментов в значительной мере определяются надежностью их подшипниковых узлов, работающих в весьма тяжелых условиях и имеющих конструктивные ограничения своих габаритов.

Для решения этой задачи необходимы сведения о потерях на трение и температурном режиме работы подшипниковых узлов ротационного инструмента в широком диапазоне изменения нагрузки и частоты вращения режущей части.