Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института
им.Г.В.Плеханова, т.LXIX, вып.1, 1975 г.

КОРРЕКЦИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕХАНИЗМА РОТАЦИОННЫХ МАШИН ОСЕВОГО ТИПА

В.И.ВДОВИЧЕНКО

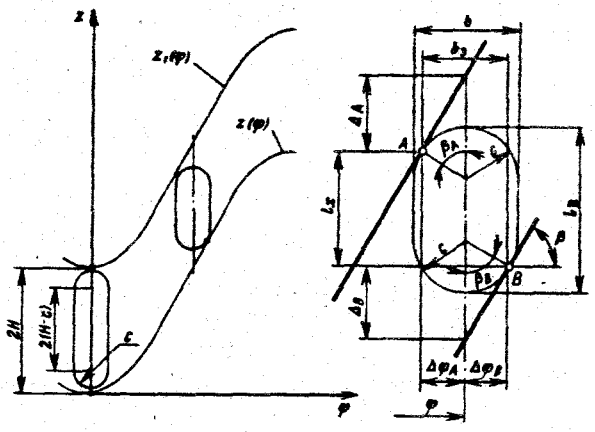
Одним из существенных достоинств механизма осевых ротационных машин является возможность осуществления геометрического замыкания кинематических пар, образуемых пластинами с направляющими поверхностями. Однако точное геометрическое замыкание требует учета некоторых конструктивных и технологических факторов, которые при силовом замыкании могут выбираться произвольно.

На рисунке показана щель, образуемая двумя направляющими поверхностями, у которых образующие прямые перпендикулярны оси вращения машины и пересекают ее. Расстояние между поверхностями по оси z постоянно и равно $2H$, что необходимо по условиям надежного удержания пластины в пазу ротора. Уравнения направляющих поверхностей, отстоящих на $2H$, имеют вид

$$z = 0{,}5H\ (1 - \cos\varphi)\ ,$$
$$z_1 = 0{,}5H\ (5 - \cos\varphi)\ . \qquad (1)$$

Если бы пластина, помещенная между направляющими поверхностями, была бесконечно тонкой, то при любом значении φ условия геометрического замыкания $z_1 - z = \mathrm{const}$ были бы удовлетворены. Вследствие же конечной эффективной толщины пластины $b_э$ (различие между $b_э$ и действительной толщиной b ясно из рисунка) размер щели, в которую могла бы поместиться пластина, сокращается тем больше, чем больше толщина пластины и угол давления в точках контакта пластины с направляющей поверхностью. Следовательно, для размещения в щели пластины постоянной длины последняя должна расширяться по сравнению со щелью для бесконечно тонкой пластины. Величина добавочного расширения

пропорциональна углу давления и равна сокращению длины пластины, которая перемещается в щели, образованной поверхностями по уравнениям (1).



Влияние толщины пластины на размер щели между направляющими поверхностями

Длина пластины $l_п$, помещаемой между направляющими поверхностями при условии, что касание пластины с направляющими поверхностями происходит на торцах, очерченных радиусом c,

$$l_п = 2H - \Delta_B - \Delta_A - c\cos\beta_A - c\cos\beta_B + 2c \quad , \tag{2}$$

а величина ее уменьшения

$$\Delta l_п = 2H - l_п = \Delta_B + \Delta_A + c\cos\beta_A + c\cos\beta_B - 2c \quad , \tag{3}$$

где величины Δ_A и Δ_B определятся с помощью уравнений (1):

$$\begin{aligned} \Delta_A &= z_1(\varphi) - z_1(\varphi - \Delta\varphi_A) \, , \\ \Delta_B &= z(\varphi + \Delta\varphi_B) - z(\varphi) \, . \end{aligned} \tag{4}$$

Углы давления для поверхностей рассматриваемого типа определяются зависимостью

$$tg\beta = \frac{H}{2\rho}\sin\varphi \quad , \tag{5}$$

где ρ – текущее значение полярного радиуса-вектора направляющей поверхности в точке, для которой определяется угол давления.

Так как наибольшее значение углов давления будет соответствовать минимальному радиусу $\rho = r$, ограничивающему направляющие поверхности, то $\cos\beta_A$ и $\cos\beta_B$ следует определять, пользуясь формулой (5) для этого радиуса, причем вместо φ следует под-

ставить значения аргументов $\varphi - \Delta\varphi_A$ и $\varphi + \Delta\varphi_B$, соответствующих фактическим положениям точек контакта, т.е.

$$\cos\beta_A = \frac{2r}{\sqrt{4r^2 + H^2\sin^2(\varphi - \Delta\varphi_A)}}\ ; \qquad (6)$$

$$\cos\beta_B = \frac{2r}{\sqrt{4r^2 + H^2\sin^2(\varphi + \Delta\varphi_B)}}\ .$$

В свою очередь, $\Delta\varphi_A$ и $\Delta\varphi_B$ связаны с геометрическими параметрами машины зависимостями

$$\Delta\varphi_A = \frac{c\sin\beta_A}{r}\ ,$$

$$\Delta\varphi_B = \frac{c\sin\beta_B}{r}\ . \qquad (7)$$

Совместное решение уравнений (3), (4), (6), (7) позволяет найти величину $\Delta l_п$, необходимую для коррекции профиля направляющей поверхности с учетом истинной толщины пластины. Однако сложность полученного таким путем решения делает его мало пригодным для инженерной практики. Более простое, но достаточно точное для инженерных задач решение, можно получить, если принять приращения функций (I) в окрестности φ изменяющимися по линейному закону. В этом случае

$$\Delta_B + c\cos\beta_B \simeq \frac{c}{\cos\beta_B}\ , \qquad (8)$$

$$\Delta_A + c\cos\beta_A \simeq \frac{c}{\cos\beta_A}\ .$$

Учитывая малость толщины пластины, можно также принять

$$\beta_A \simeq \beta_B = \beta_\varphi\ .$$

С этими приближениями формула (3) принимает вид

$$\Delta l_п = 2c\left(\frac{1}{\cos\beta_\varphi} - 1\right)\ . \qquad (9)$$

Заменяя в уравнении (9) $\cos\beta_\varphi$ на его значение из формулы (6), получаем окончательный вид зависимости $\Delta l_п$ от φ. На эту величину и должна расширяться щель, образованная двумя направляющими поверхностями по уравнениям (1). Если необходимое расширение щели поровну разделить на изменение апликаты каждой из поверхностей, то получим уравнения направляющих поверхностей, удовлетворяющие условиям геометрического замыкания, при использовании пластин конечной тощины b с торцами, ограниченными круговыми цилиндрическими поверхностями радиуса c :

$$z = 0{,}5H(1 - \cos\varphi) - c\left(\sqrt{1 + \frac{H^2}{4\rho^2}\sin^2\varphi} - 1\right),$$

$$z_1 = 0{,}5H(5 - \cos\varphi) - c\left(\sqrt{1 + \frac{H^2}{4\rho^2}\sin^2\varphi} - 1\right). \qquad (10)$$

Следует подчеркнуть, что несмотря на существенное отличие направляющих поверхностей по уравнению (10) от поверхностей по уравнению (1) законы движения пластин конечной толщины по первым и тонких пластин по вторым поверхностям будут одинаковы. Это объясняется тем, что в процессе движения пластина конечной толщины контактирует с направляющими поверхностями различными образующими цилиндрических торцев.

Учитывая, что вторые члены в уравнениях (10) являются величинами второго порядка малости по сравнению с первыми, поверхности, выраженные уравнениями (10), можно рассматривать как корригированные поверхности по уравнениям (I). Как видно из полученных уравнений, наибольшей коррекции подвергается часть направляющих поверхностей, находящаяся вблизи оси машины, т.е. при малых значениях ρ.

Во избежание кромочного контакта пластин с направляющими поверхностями, входящий в уравнение (10) радиус закругления c торцов пластин должен быть ограничен сверху условием $0{,}5\,b \geqslant c\sin\beta_{max}$, вытекающим из рисунка. По этому условию

$$c \leqslant \frac{0{,}5\,b}{\sin\beta_{max}}, \qquad (11)$$

или, с учетом формулы (5) при $\rho = r$,

$$c \leqslant \frac{b}{2H}\sqrt{4r^2 + H^2}. \qquad (12)$$

Направляющие поверхности, выполненные по уравнениям (10) с учетом ограничения (12), обеспечивают геометрическое замыкание пластин, наиболее благоприятный закон изменения ускорений и отсутствие кромочного контакта пластин с направляющими поверхностями.