

## ЗАВИСИМОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЗМОВ СВОБОДНОГО ХОДА С ЭКСЦЕНТРИКОВЫМИ РОЛИКАМИ ОТ ФРИКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

*На підставі проведених досліджень встановлені залежності між фрикційними параметрами механізмів вільного ходу з ексцентриковими роликами та його геометричними характеристиками, які впливають на пружні та міцнісні властивості механізмів. Виконані порівняння між механізмами з ексцентриковими та циліндричними роликами.*

*Ключевые слова: механизм свободного хода, эксцентриковые ролики, угол заклинивания.*

GEORGY VLADIMIROVICH ARCHANGELSKY, SERGEY ALEKSANDROVICH ROMASHKEVICH

Odessa national academy of food technologies

### DEPENDENCE OF THE GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE FREE-WHEELING MECHANISMS WITH ECCENTRIC ROLLERS ON FRICTION PARAMETERS

*Abstract – When designing the free – wheeling mechanisms and investigating of the dynamics, it's very important to know the dependences of the geometric characteristics from the friction parameters. The mathematical models of the free – wheeling mechanisms with eccentric and cylindrical rollers, allowing to write down the conditions of equilibrium of the system of the forces, applied to the rollers and to determine the angles of jamming, have been composed. The research has been conducted, on the basis of which the dependences between the friction parameters of the free – wheeling mechanisms with eccentric rollers and its geometric sizes, influencing elastic and strengthening properties of the mechanisms, have been determined. The comparisons between the mechanisms with eccentric and cylindrical rollers, have been conducted.*

*Keywords: the free-wheeling mechanism, eccentric rollers, angle of jamming.*

При изучении динамики агрегатов с механизмами свободного хода (МСХ) существенную роль играет жесткость МСХ. Для определения упругих свойств МСХ необходимо знать геометрические характеристики МСХ, которые зависят от фрикционных параметров (коэффициентов трения или углов трения) механизма, обеспечивающих условия заклинивания МСХ и передачу вращающего момента. Кроме того, геометрические параметры влияют на прочностные свойства МСХ.

Поэтому представляется целесообразным изучить связь между геометрическими и фрикционными параметрами рассматриваемого типа МСХ.

Рассмотрим силовые соотношения в МСХ с эксцентриковыми роликами. На рис. 1 представлена схема МСХ с эксцентриковыми роликами, где обозначены  $N_1$ ,  $N_2$  – нормальные усилия в месте контакта роликов с обоймами;  $F_1$ ,  $F_2$  – силы трения в контакте роликов с обоймами.

Условие равновесия ролика в векторной форме представится

$$\bar{N}_1 + \bar{F}_1 + \bar{N}_2 + \bar{F}_2 = 0, \quad (1)$$

Из плана сил, построенного на основе уравнения (1) имеем

$$\begin{aligned} N_2 \cos \beta + f_2 N_2 \sin \beta &= N_1, \\ f_2 N_2 \cos \beta - N_2 \sin \beta &= f_1 N_1, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $f_1, f_2$  – коэффициенты трения в точках А и В контакта ролика с обоймами (рис. 1);

$\beta$  – угол между нормальными силами  $N_1$  и  $N_2$ .

Этот угол напоминает угол заклинивания  $\alpha$  между силами  $N_1$  и  $N_2$  в МСХ с цилиндрическими роликами (рис. 2).

Из рис. 1 нетрудно определить угол  $\beta$  в зависимости от углов  $\varphi$  и  $\psi$ , которые определяют положение линии АВ по отношению к нормальным реакциям  $N_1$  и  $N_2$

$$\beta = \varphi - \psi. \quad (3)$$

Из системы уравнений (2) нетрудно получить

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{f_2 - f_1}{1 + f_1 f_2}. \quad (4)$$

Углы трения  $\rho_1$  и  $\rho_2$  в точках А и В определяются известными выражениями в зависимости от коэффициентов трения

$$\operatorname{tg} \rho_1 = f_1; \quad \operatorname{tg} \rho_2 = f_2. \quad (5)$$

Тогда используя зависимости (5) выражение (4) сводится к виду

$$\operatorname{tg}(\varphi - \psi) = \operatorname{tg}(\rho_2 - \rho_1), \quad (6)$$

Откуда

$$\varphi - \psi = \rho_2 - \rho_1.$$

Так как  $\beta > 0$ , то для обеспечения условия (6) необходимо, чтобы было

$$\varphi > \psi; \rho_2 > \rho_1. \quad (7)$$

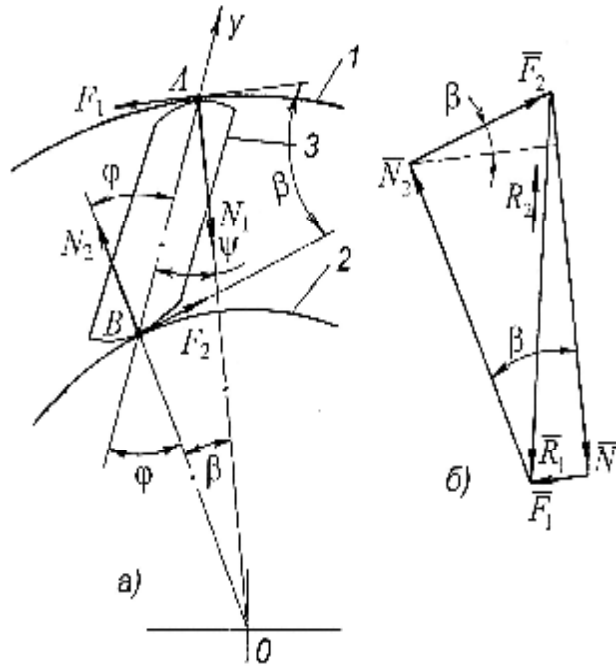


Рис. 1. а – Схема механизма свободного хода с эксцентриковыми роликами, б – план сил

Нормальные реакции  $N_1$  и  $N_2$  определяются известными [1] зависимостями

$$N_1 = \frac{M}{zR \operatorname{tg} \psi}; \quad (8)$$

$$N_2 = \frac{M}{zr_o \operatorname{tg} \varphi} \quad (9)$$

где  $M$  – момент, передаваемый механизмом;  
 $z$  – число роликов;  
 $R, r_o$  – радиусы, соответственно внешней и внутренней обойм.

Суммарные реакции  $R_1$  и  $R_2$  определяются

$$\begin{aligned} \bar{R}_1 &= \bar{N}_1 + \bar{F}_1; \\ \bar{R}_2 &= \bar{N}_2 + \bar{F}_2. \end{aligned}$$

Из условия равновесия (1) имеем

$$\bar{R}_1 = -\bar{R}_2, \quad (10)$$

откуда получаем

$$N_1 \sqrt{1 + f_1^2} = N_2 \sqrt{1 + f_2^2} \quad (11)$$

или

$$N_1 = N_2 \frac{\sqrt{1 + f_2^2}}{\sqrt{1 + f_1^2}}. \quad (12)$$

На основе выражения (12), используя зависимости (8), (9), находим связь между углами  $\varphi$  и  $\psi$  при заданных значениях  $R$  и  $r_o$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{R}{r_o} \frac{\sqrt{1 + f_2^2}}{\sqrt{1 + f_1^2}} \operatorname{tg} \psi. \quad (13)$$

Для сравнения, получим соответствующие зависимости для МСХ с цилиндрическими роликами (рис. 2).

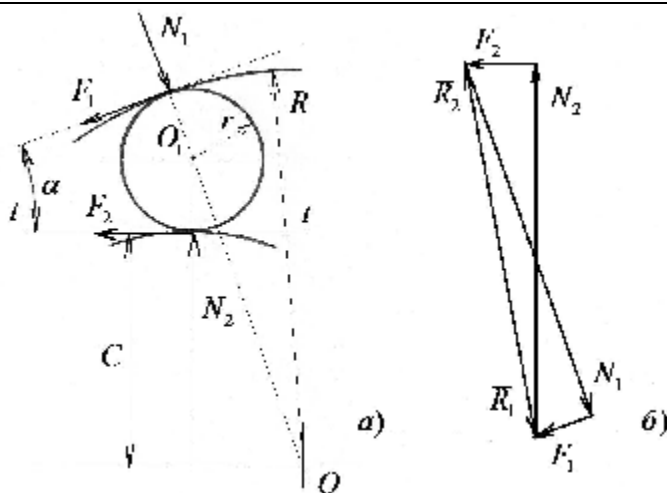


Рис. 2. а – Схема механизма свободного хода с цилиндрическими роликами, б – план сил

Из условия равновесия (1) для МСХ с цилиндрическими роликами строим план сил (рис. 2, б), из которого имеем

$$\begin{aligned} N_1(\cos \alpha + f_1 \sin \alpha) &= N_2; \\ N_2(\cos \alpha + f_2 \sin \alpha) &= N_1, \end{aligned} \quad (14)$$

где  $\alpha$  – угол заклинивания между силами  $F_1$  и  $F_2$  или  $N_1$  и  $N_2$ .

Из системы (14) получаем

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2}. \quad (15)$$

Учитывая соотношения (5) имеем

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg}(\rho_1 + \rho_2). \quad (16)$$

Откуда

$$\alpha = \rho_1 + \rho_2. \quad (17)$$

Сравнивая выражения (4) и (16) видим, что они имеют одинаковую структуру, но разные знаки, что определяется разным направлением сил  $\bar{F}_1$  и  $\bar{F}_2$  для МСХ с эксцентриковыми роликами и одинаковое для МСХ с цилиндрическими роликами.

Так как  $f_1 \ll 1$  и  $f_2 \ll 1$ , то тем более  $f_1^2 \ll 1$  и  $f_2^2 \ll 1$ . Поэтому для практических расчетов можно считать

$$\frac{\sqrt{1 + f_2^2}}{\sqrt{1 + f_1^2}} = 1$$

и тогда выражение (13) примет вид

$$\frac{r_0}{R} \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \psi, \quad (18)$$

Для МСХ с цилиндрическими роликами имеем [1]

$$N_1 = \frac{M}{z R \operatorname{tg} \alpha / 2}. \quad (19)$$

Из сравнения выражений (8) и (19) нетрудно заметить, что при одинаковых значениях  $z$  и  $R$  имеются различия в усилии  $N_1$ .

Так как углы  $\varphi$  и  $\psi$  малы (меньше  $4^0$ ) [1], то для практических расчетов можно принять  $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$ ;  $\operatorname{tg} \psi \approx \psi$  и тогда выражение (18) представится в виде

$$\varphi = \frac{R}{r_0} \psi. \quad (20)$$

С учетом зависимости (20) будем иметь

$$\beta = \varphi - \psi = \psi \left( \frac{R}{r_0} - 1 \right). \quad (20)$$

Используя выражения (6) и (21) получаем

$$\psi = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\frac{R}{r_0} - 1}. \quad (22)$$

Угол  $\alpha$  обычно [1] принимают  $\alpha = 7^0$ . Из выражения (22) видно, что угол  $\psi$  может быть значительно меньше  $\alpha/2 = 3,5^0$  и, таким образом, нагрузка в зоне контакта ролика с внешней обоймой МСХ с эксцентриковыми роликами может быть значительно больше нагрузки в МСХ с цилиндрическими роликами при одинаковых значениях  $z$ ,  $R$ ,  $M$ .

Уравнения (4) и (15) определяют значение углов  $\beta$  и  $\alpha$ , при которых соблюдается условие статического равновесия тел МСХ или условие статического заклиненного состояния МСХ, когда МСХ передает приложенный крутящий момент. Условия статического заклинивания МСХ будут выполняться, если выражения (4) и (15) представить в виде неравенств

$$\operatorname{tg}\beta \leq \frac{f_2 - f_1}{1 + f_1 f_2}; \quad (23)$$

$$\operatorname{tg}\alpha \leq \frac{f_1 + f_2}{1 - f_1 f_2}. \quad (24)$$

Следует отметить, что направление сил трения при статическом заклинивании определяется на основе векторного уравнения (1), выражающего условие равновесия тел заклинивания.

На основе выражения (22) при выбранных углах  $\rho_1, \rho_2$  и отношении  $R/r_0$  находим угол  $\psi$ , а затем угол  $\phi$  по выражению (20) и далее угол  $\beta = \phi - \psi$ . Имея эти углы можно приступить к прочностному расчету МСХ с эксцентриковыми роликами построению его упругой характеристики.

Для МСХ с цилиндрическими роликами все обстоит значительно проще и угол  $\alpha$  должен быть  $\alpha \leq \rho_1 + \rho_2$ . При углах трения  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$  имеем  $\alpha \leq 2\rho$ .

### Литература

1. Мальцев В.Ф. Роликовые механизмы свободного хода / Мальцев В.Ф. – М. : Машиностроение, 1968. – 416 с.

### References

1. Maltcev V.F. Roller free – wheeling mechanisms / Maltcev V.F. – Machinebuilding, 1968. – 416 p.

Рецензія/Peer review : 17.7.2013 р.

Надрукована/Printed : 22.9.2013 р.

Рецензент: д.т.н., Гросул Л.І.