

ОБОБЩЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ФРИКЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ СВОБОДНОГО ХОДА

На підставі проведених досліджень отримані узагальнюючі залежності між фрикційними параметрами і геометричними характеристиками механізмів вільного ходу з ексцентриковими і циліндричними роликками. Проаналізовано вплив зміни кутів заклинювання на працездатність механізмів.

На основании проведенных исследований получены обобщающие зависимости между фрикционными параметрами и геометрическими характеристиками механизмов свободного хода с эксцентриковыми и цилиндрическими роликками. Проанализировано влияние изменения углов заклинивания на работоспособность механизмов.

Ключевые слова: механизм свободного хода, эксцентриковые и цилиндрические роликки, угол заклинивания, угол трения.

GEORGY ARCHANGELSKY, SERGEY ROMASHKEVICH

Odessa National Academy of Food Technologies

GENERAL CONCLUSIONS CONCERNING THE CHOICE OF FRICTION PARAMETERS OF THE FREE – WHEEL MECHANISMS

Abstract – The questions of choice of the angles of jamming for free – wheel mechanisms with cylindrical and cam rollers, have been studied in detail in the literature. However, the equations determining the angles of jamming of both types, of the mechanisms are different. The obtaining of the generalized dependences for determining the angles of jamming of the mechanisms is expedient.

The mathematical models of the free – wheel cylindrical and cam rollers have been composed. The conditions of roller equilibrium, from which one can easily determine the relations between the angle of jamming and the angles of friction, have been written.

The conducted investigations allowed to get the dependence between friction parameters and the corner of jamming of free – wheel mechanisms with cylindrical and cam rollers. The influence of change of the angles of jamming on the working capacity of the mechanism, has been analyzed.

Keywords: the free-wheeling mechanism, cam rollers, the angle of jamming, the angle of friction.

Работоспособность механизмов свободного хода (МСХ) т.е. возможность передачи вращающего момента обеспечивается выбором углов заклинивания между силами трения F_1 и F_2 , возникающими на поверхностях между роликками и обоймами МСХ.

Механизмы свободного хода подразделяются на два типа: с цилиндрическими роликками (МСХ) и с эксцентриковыми роликками (МСХЭ).

В работах [1–4] подробно изучены вопросы выбора углов заклинивания. Однако формулы, определяющие углы заклинивания обоих типов МСХ отличаются, хотя механизмы отличаются только формой роликков.

Поэтому должна существовать обобщающая зависимость, определяющая угол заклинивания, которая будет наглядно показывать фрикционные свойства, их особенности и отличия, достоинства и недостатки.

На рис. 1, а представлена схема МСХ с цилиндрическими роликками и усилиями, действующими на роликки – тела заклинивания. МСХ состоит из внешней обоймы 1, внутренней обоймы – звездочки 2 и тел заклинивания 3.

При передаче вращающего момента, т.е. в период заклиненного состояния роликки находятся в состоянии равновесия. В точках контакта роликков с обоймами возникают силы: N_1 , N_2 – нормальные усилия; F_1 , F_2 – силы трения.

Условие равновесия ролика в векторной форме представится

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

На основе уравнения (1) нетрудно построить план сил (рис. 1, б). На рис 2, а представлен МСХ с эксцентриковыми роликками 3, которые контактируют с внешней обоймой 1 и внутренней обоймой 2, имеющие цилиндрическую форму с радиусами R и r_0 . Как и раньше, в точках контакта эксцентрикового ролика 3 с обоймами возникают: N_1 , N_2 – нормальные силы; F_1 , F_2 – силы трения. В МСХ с цилиндрическими роликками обе силы трения F_1 и F_2 направлены в клин и под действием этих сил ролик затягивается в клиновое пространство. Принцип действия МСХ с эксцентриковыми роликками существенно [1] отличается от описанного выше. Здесь тела заклинивания под действием противоположно направленных сил трения F_1 и F_2 стремятся повернуться, так как создают пару и заклиниваются между обоймами, т.е. создается заклинивание МСХЭ.

Условие равновесия тел заклинивания будет также определяться уравнением равновесия (1), а план сил будет иметь вид (рис. 2, б).

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

$$N_2(\cos \alpha + f_2 \sin \alpha) = N_1; \quad (2)$$

$$N_2(\sin \alpha - f_2 \cos \alpha) = f_1 N_1, \quad (3)$$

где f_1, f_2 – коэффициенты трения в точках контакта ролика с обоймами.

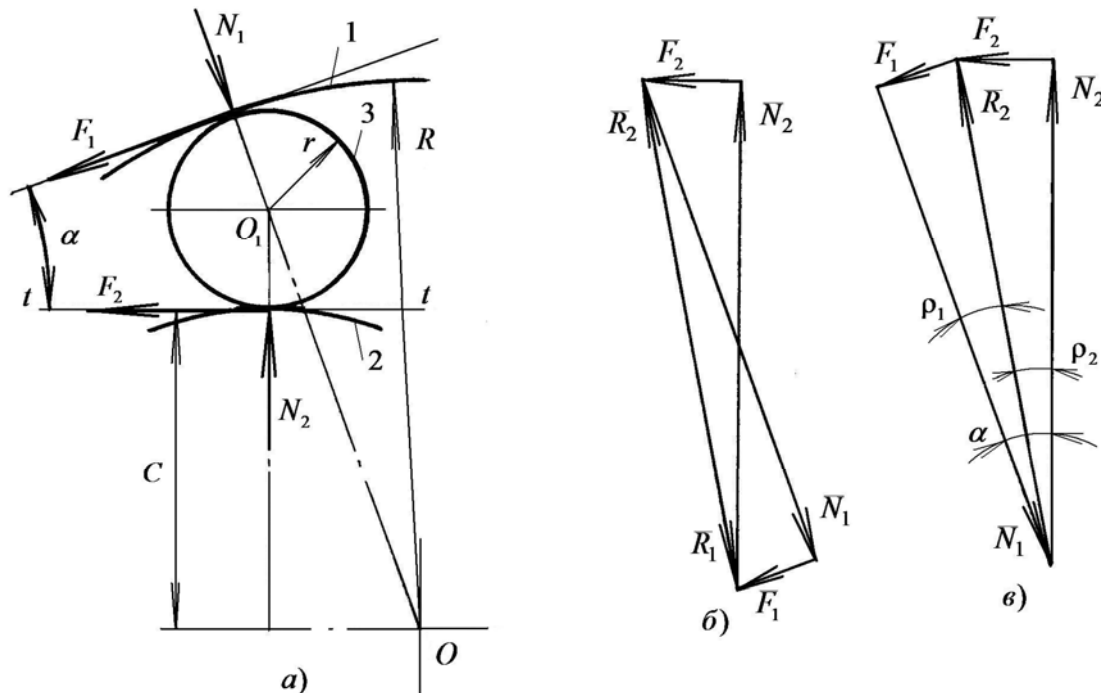


Рис. 1. а – Схема механизма свободного хода с цилиндрическими роликами, б и в – планы сил

Проанализируем полученные уравнения. Учитывая, что $f_1 = \operatorname{tg} \rho_1, f_2 = \operatorname{tg} \rho_2$, где ρ_1 и ρ_2 – углы трения, уравнения (2), (3) легко приводятся к виду

$$\begin{aligned} \cos(\alpha - \rho_2) &= \lambda \cos \rho_2; \\ \sin(\alpha - \rho_2) &= \lambda \operatorname{tg} \rho_1 \cos \rho_2, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\lambda = N_1 / N_2$.

Из системы (4) получаем

$$\operatorname{tg}(\alpha - \rho_2) = \operatorname{tg} \rho_1, \quad (5)$$

откуда имеем

$$\alpha = \rho_1 + \rho_2, \quad (6)$$

что было получено ранее [1, 2] после многочисленных тригонометрических преобразований.

Рассмотрим теперь МСХ с эксцентриковыми роликами. Из плана сил (рис. 2, б) легко получить

$$N_2(\cos \beta + f_2 \sin \beta) = N_1; \quad (7)$$

$$N_2(f_2 \cos \beta - \sin \beta) = f_1 N_1, \quad (8)$$

где угол β – угол между линиями действия сил N_1 и N_2 исполняет роль угла заклинивания.

Систему уравнений (7) и (8) можно привести к виду

$$\cos(\beta - \rho_2) = \lambda \cos \rho_2; \quad (9)$$

$$\sin(\rho_2 - \beta) = \lambda \operatorname{tg} \rho_1 \cos \rho_2, \quad (10)$$

откуда получаем

$$\operatorname{tg}(\beta - \rho_2) = -\operatorname{tg} \rho_1. \quad (11)$$

На основе зависимости (11) имеем

$$\beta = \rho_2 - \rho_1 \quad (12)$$

известную зависимость [1, 4] полученную более сложным методом.

Выражения (6) и (12) можно объединить одной записью. При этом уравнение равновесия (1) можно графически изобразить, откладывая вектора в несколько другой последовательности, чем это выполнялось ранее рис. 1, б и рис. 2, б. На рис. 1, в показан план сил, где силы откладывались в последовательности

$$\vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_2 + \vec{F}_1 = 0. \quad (13)$$

Учитывая, что углы трения ρ_1, ρ_2 малые можно записать

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \rho_1 &\approx \rho_1; \\ \operatorname{tg} \rho_2 &\approx \rho_2. \end{aligned} \tag{14}$$

и тогда $\rho_1 = F_1/N_1, \rho_2 = F_2/N_2$ и эти углы ρ_1, ρ_2 , наглядно видны на рис. 1, в, откуда очень просто получается, что

$$\alpha = \rho_1 + \rho_2 \tag{15}$$

так как угол α это – угол между направлениями сил N_1 и N_2 .

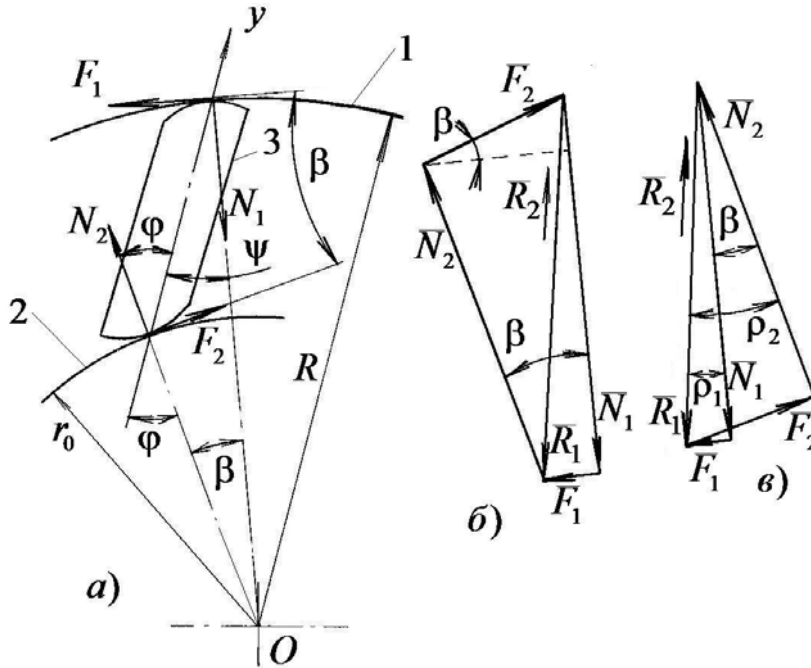


Рис. 2. а – Схема механизма свободного хода с эксцентриковыми роликами, б и в – планы сил

Для МСХЭ силы в условии равновесия запишем в такой последовательности

$$\bar{N}_2 + \bar{N}_1 + \bar{F}_1 + \bar{F}_2 = 0. \tag{16}$$

Так как угол β – угол между векторами N_1 и N_2 , то учитывая рис. 2, в имеем

$$\beta = \rho_2 - \rho_1. \tag{17}$$

Из сравнения рис. 1, в и рис. 2, в видно, что наличие знака минус перед углом ρ_2 в выражении (17) обусловлено противоположностью сил трения \bar{F}_1 и \bar{F}_2 в МСХЭ. Поэтому выражения (15) и (17) можно объединить одной формулой, учитывая, что угол β исполняет роль угла заклинивания

$$(\alpha; \beta) = \rho_2 \pm \rho_1, \tag{18}$$

где нижний знак относится к МСХЭ, а верхний к МСХ с цилиндрическими роликами.

Из выражения (17) видно, что решающую роль в функционировании МСХЭ играет угол ρ , т.е. трение между внутренней обоймой и телами заклинивания. Формула (18) определяет предельное значение угла заклинивания, а условие заклинивания записывается [1] в виде неравенства

$$(\alpha; \beta) \leq \rho_2 \pm \rho_1. \tag{19}$$

Проанализируем влияние изменения углов заклинивания на работоспособность механизмов.

В МСХ с цилиндрическими роликами износ элементов приводит к увеличению угла α заклинивания. Нагрузки в зоне контакта роликов с обоймой определяется зависимостью [3]

$$N_1 = \frac{M}{zR \operatorname{tg} \alpha/2}, \tag{20}$$

где M – вращающий момент, передаваемый механизмом; z – число роликов.

Из выражения (20) видно, что увеличение угла α приводит к снижению нагрузки на ролики. Для МСХЭ имеем [1]

$$N_1 = \frac{M}{zR \operatorname{tg} \psi}; \tag{21}$$

$$N_2 = \frac{M}{zr_0 \operatorname{tg} \varphi} . \quad (22)$$

где R, r_0 – радиусы внешней и внутренней обоем.

Углы φ и ψ показаны на рис. 2, а на основании, которого можно записать

$$r_0 \operatorname{tg} \varphi = R \operatorname{tg} \psi . \quad (23)$$

Углы φ и ψ малы. Обычно [1] $\varphi < 4^0$. Поэтому можно принять $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi; \operatorname{tg} \psi \approx \psi$.

Выражения (21), (22) с учетом соотношения (23) будут представлены общей формулой

$$N = \frac{M}{zR \operatorname{tg} \psi} . \quad (24)$$

При износе элементов МСХЭ угол ψ уменьшается, что как видно из выражения (24), это приводит к повышению нагрузок в зоне контакта роликов.

Таким образом, условия заклинивания МСХ с цилиндрическими и эксцентриковыми роликами обусловлены направлением сил трения, которые отличны для рассматриваемых типов МСХ. Износ элементов этих двух типов МСХ по-разному влияет на нагрузки в зоне контакта роликов.

Литература

1. Мальцев В.Ф. Роликовые механизмы свободного хода / Мальцев В.Ф. – М. : Машиностроение, 1968. – 614 с.
2. Пилипенко М.Н. Механизмы свободного хода / Пилипенко М.Н. – М. : Машиностроение, 1966. – 287 с.
3. Архангельский Г.В. Роликовые механизмы свободного хода / Г.В. Архангельский, А.Г.Архангельский. – Одесса : Наука и техника, 2009. – 92 с.
4. Архангельский Г.В. Зависимость геометрических характеристик механизмов свободного хода с эксцентриковыми роликами от фрикционных параметров / Г.В. Архангельский, С.А. Ромашкевич. – Хмельницкий : Вестник Хмельницкого национального университета. – 2013. – № 5. – С. 19–21.

References

1. Malcev V.F. Rolikovie mehanizmy` svobodnogo xoda. Moskow, Mashinostroenie, 1968. – 614 p.
2. Pilipenko M.N. Mehanizmy` svobodnogo xoda. Moskow, Mashinostroenie, 1966. – 287 p.
3. Arhandelskij G.V., Arhandelskij A.G. Rolikovie mehanizmy` svobodnogo xoda. Odessa, Nauka i texnika. 2009, 92 p.
4. Arhandelskij G.V., Romashkevich S.A. Zavisimost geometricheskix harakteristik mehanizmov svobodnogo xoda s ekscentrikovy`mi rolíkami ot frikcionny`x parametrov. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, Khmelnytsky, 2013, 5, pp. 21-23.

Рецензія/Peer review : 20.1.2014 р.

Надрукована/Printed :7.2.2014 р.

Статтю предствляє: д.т.н. Архангельський Г.В.