

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ НАПРАВЛЯЮЩИХ КАЧЕНИЯ ПОДЪЕМНОГО СОСУДА, ДВИЖУЩЕГОСЯ В ПРОВОДНИКАХ ГИБКОЙ АРМИРОВКИ

Шилинговский Н.И., канд. техн. наук, доц., Гураль В.Г., доц.,  
Донецкий национальный технический университет

*Разработана математическая модель исследования движения направляющих качения подъемного сосуда, движущегося по канатным проводникам вертикального шахтного ствола в экстремальных условиях*

*This paper deals with the development of a mathematical model for study the guide rollers motion of a hoisting vessel which travels along rope guides in a vertical mine shaft under extreme conditions*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** При эксплуатации шахтных подъемных установок с гибкими армировками в настоящее время, как правило, подъемные сосуды оборудуются направляющими скольжения. Это приводит к интенсивному износу канатных проводников и вкладышей направляющих устройств. Применение направляющих качения (роликовых направляющих устройств) позволило бы существенно увеличить срок службы канатных проводников и вкладышей направляющих устройств.

Одной из причин, ограничивающих применение роликовых направляющих, является возможность заклинивания твердых тел между роликами и канатными проводниками и, как следствие, выход подъемного сосуда из проводников.

**Анализ исследований и публикаций.** Вопросу расчета и проектирования роликовых направляющих устройств для подъемных сосудов, движущихся в проводниках гибкой армировки, посвятили свои работы целый ряд исследователей [1 - 3] и др. Однако, вопрос заклинивания ребордных роликовых направляющих изучен недостаточно.

**Постановка задачи.** Целью данной работы является изучение условий, при которых возможно заклинивание твердого тела между направляющим роликом движущегося подъемного сосуда и проводниковым канатом, исследование силового взаимодействия в системе «направляющий ролик – твердое тело – канатный проводник» и установление зон проскальзывания и заклинивания тела.

**Изложение материала и результаты.** Рассмотрим движение направляющего ролика по канатному проводнику при попадании на ролик тела А, приняв при этом ряд гипотез и предположений:

- подъемный сосуд движется в канатных проводниках с постоянной скоростью;
- тело А является абсолютно твердым и находится в покое относительно ролика;
- канатный проводник обладает переменной по глубине ствола поперечной жесткостью;
- жесткость канатного проводника значительно больше жесткости упругих элементов, обеспечивающих непрерывный контакт ролика с канатным проводником.

Силовое взаимодействие ролика В с телом А и канатным проводником, с учетом указанных предпосылок, показано на рис. 1.

Уравнения равновесия тела относительно ролика и канатного проводника записываются в виде:

$$\begin{aligned} \sum F_{kx} = 0 & \quad -N_2 + N \cdot \sin \varphi + F \cdot \cos \varphi = 0, \\ \sum F_{ky} = 0 & \quad N \cdot \cos \varphi - F \cdot \sin \varphi - F_2 - mg = 0, \\ \sum M_E(\bar{F}_k) = 0 & \quad -mg \frac{h}{2} - F_2 h + N_2 l = 0, \end{aligned} \tag{1}$$

$$F = fN, \quad F_2 = f_2 N_2,$$

где  $N, N_2$  – нормальные реакции, Н;  $F, F_2$  – силы трения скольжения, Н;  $f, f_2$  – коэффициенты трения скольжения;  $h, l$  – геометрические размеры тела А, м;  $m$  – масса тела, кг;  $g$  – ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/с.

Из полученной системы уравнений (1) находим:

$$N_2 = N(\sin \varphi + f \cdot \cos \varphi), \tag{2}$$

$$N = \frac{mg}{\cos \varphi(1 + f \cdot f_2) - \sin \varphi(f + f_2)}. \tag{3}$$

Так как , исходя из физических условий  $0 < N < \infty$  , то получаем

$$\operatorname{tg} \varphi < \frac{1 - f \cdot f_2}{f + f_2}. \tag{4}$$

Неравенство (4) позволяет в первом приближении определить зону скольжения тела А и качения ролика В.

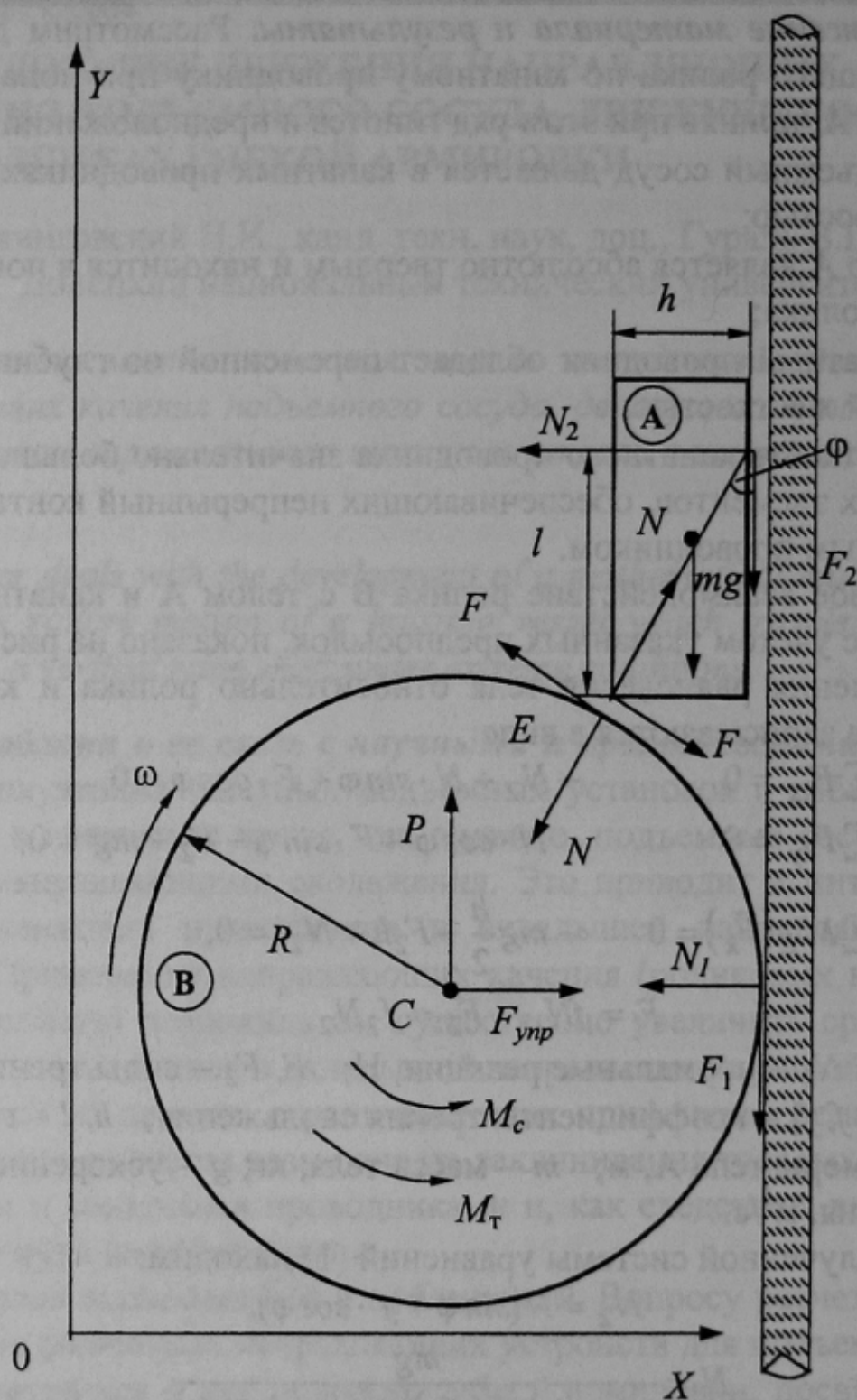


Рис.1. Расчетная схема силового взаимодействия направляющего ролика, твердого тела и канатного проводника

С целью уточнения условий, при которых возможно заклинивание тела А между роликом и проводниковым канатом, рассмотрим равновесие тел в момент начала заклинивания тела А и перекатывания ролика по телу. Условием начала перекатывания ролика по телу является равенство нулю нормальной реакции  $N_1$ .

Уравнения равновесия ролика в этом случае записываются в виде:

$$\begin{aligned} \sum F_{kx} = 0 & \quad F_{yup} - N \cdot \sin \varphi + F \cdot \cos \varphi = 0, \\ \sum F_{ky} = 0 & \quad P - N \cdot \cos \varphi - F \cdot \sin \varphi = 0, \\ \sum M_C(\bar{F}_k) = 0 & \quad M_k - FR = 0, \\ & \quad M_k = kN \end{aligned} \tag{5}$$

где  $F_{yup}$  – сила упругости, с которой упругие элементы действуют на ролик, обеспечивая его контакт с проводниковым канатом, Н;  $P$  – сила, с которой подъемный сосуд действует на направляющий ролик, Н;  $M_k$  – момент трения качения, Н·м;  $R$  – радиус направляющего ролика, м;  $k$  – коэффициент трения качения, м.

Из системы уравнения (5) находим:

$$N = \frac{F_{yup}}{\sin \varphi - \frac{k}{R} \cos \varphi}, \tag{6}$$

а из системы уравнений (1) и условия перекатывания направляющего ролика тела А

$$N_2 = N \cdot \left( \sin \varphi - \frac{k}{R} \cos \varphi \right). \tag{7}$$

Из условия заклинивания тела А и полученных зависимостей (6) и (7) определяем угол  $\varphi$  :

$$\varphi = \arctg \frac{1}{f_2 + \frac{mg}{F_{yup}}} + \arctg \frac{k}{R}. \tag{8}$$

Так как

$$\arctg \frac{k}{R} \ll \arctg \frac{1}{f_2 + \frac{mg}{F_{yup}}}, \tag{9}$$

и учитывая, что

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{R-h}{\sqrt{2Rh-h^2}}, \quad (10)$$

получаем условия заклинивания тела А:

$$\frac{x-1}{\sqrt{2x-1}} \geq \frac{1}{f_2+y}, \quad (11)$$

где

$$x = \frac{R}{h}, \quad y = \frac{mg}{F_{\text{упр}}}.$$

На рис. 2 показаны зоны скольжения и заклинивания тела А для различных значений параметров  $f_2$ ,  $mg$ ,  $F_{\text{упр}}$ ,  $R$  и  $h$ .

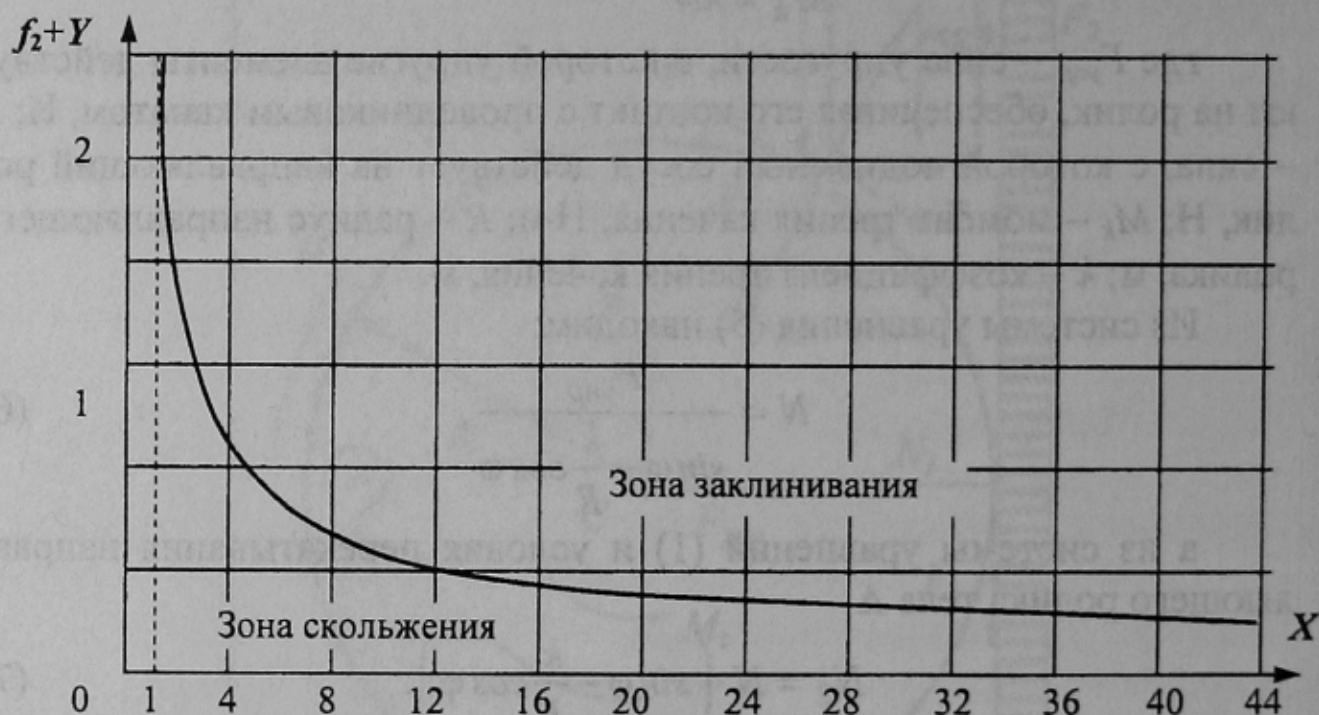


Рис.2. Зоны скольжения и заклинивания

**Выводы и направления дальнейших исследований.** Разработана математическая модель силового взаимодействия направляющего устройства, твердого тела и канатного проводника, позволившая определить зависимости между размерами ролика, тела, коэффициентами трения скольжения, трения качения, силой прижатия ролика к проводнику, массой тела, при которых возможен отрыв направляющего ролика от проводникового каната.

Из полученных зависимостей определены зоны скольжения и зоны заклинивания, что позволяет установить условия выхода подъемного сосуда из проводниковых канатов.

В дальнейшем будут проведены исследования по определению влияния на зоны скольжения и заклинивания тел инерционных и кинематических параметров роликовых направляющих.

Список источников.

1. Белый В.Д. Канатные проводники шахтных подъемных установок. – М.: Углетехиздат.- 1959.- 212 с.
2. Самородов А.И., Исеров Б.И. Безопасность эксплуатации подъемных установок с канатными проводниками // Уголь Украины. – 1975.- №5.- С. 29-30.
3. Гаркуша Н.Г., Дворников В.И., Чирков Я.В. Некоторые вопросы взаимодействия шахтного подъемного сосуда, оборудованного упругими направляющими устройствами, с проводниками жесткой армировки // Горная электромеханика и автоматика.- Харьков.- 1974.- Вып. 24.- С.3-10.

*Статья рекомендована к опубликованию  
докт. техн. наук, проф. В.И.Дворниковым*