

Соотношения между сопротивлением вращению и диаметром шариковых и роликовых опорно-поворотных устройств

Бондаренко Л. Н., Колбун В. В., Жаковский А. Д.

Получены аналитические зависимости для определения допускаемых нагрузок на ОПУ. Показано, что расчетный радиус шариков и роликов нелинейно уменьшается с увеличением диаметра круга, а также момент на преодоление сил трения качению как для шарикового, так и для роликового ОПУ нелинейно уменьшается с увеличением диаметра круга.

Ключевые слова: нагрузки, радиус шарика, трение качения, сопротивление вращению, момент сил.

Отримані аналітичні залежності для визначення навантажень, що допускаються, на ОПУ. Показано, що розрахунковий радіус кульок і роликів нелінійно зменшується зі збільшенням діаметру круга, а також момент на подолання сил тертя коченню як для кулькового, так і для роликового ОПУ нелінійно зменшується зі збільшенням діаметру круга.

Ключові слова: навантаження, радіус кульки, тертя кочення, опір обертанню, момент сил.

Analytical dependences are got for determination of the assumed loading on OPU. It is shown that the calculation radius of marbles and rollers nonlinear diminishes with the increase of diameter of circle, and also moment on overcoming of forces of friction to wobbling both for ball-shaped and for roller OPU nonlinear diminishes with the increase of diameter of circle.

Key words: loading, radius of marble, friction of wobbling, resistance to the rotation, moment of forces.

Опорно-поворотные устройства (ОПУ) кранов с опорно–поворотным кругом (шариковые, роликовые) воспринимают вертикальные и горизонтальные нагрузки, не требуют центрирующих и удерживающих устройств, компактны, надежны и долговечны, поэтому в настоящее время получают наибольшее распространение по сравнению с ОПУ с неподвижной или вращающейся колоннами.

Если для определения допускаемых нагрузок на ОПУ имеются графики, то для определения сопротивления вращению применяется приведенный коэффициент сопротивления вращению ($w=0,01$ для шариковых кругов и $w=0,012$ для роликовых). Величины w получены экспериментально и для более точного знания их величины необходимо иметь аналитические зависимости, которые содержали бы общепринятые механические константы и размеры.

Если нагрузка на группу шариков (роликов) изменяется от нуля до допустимой величины примерно по линейному закону, то при определении сопротивления качению группы всю нагрузку можно привести на один шарик [1].

Для ОПУ распределим реакции моментов M от груза на два диаметрально расположенных шарика (ролика).

Момент M будем считать постоянным, а диаметр круга изменять в реальных пределах. Радиус дорожки катания для шарикового ОПУ примем равным $r_d = 0,515d_{ш}$.

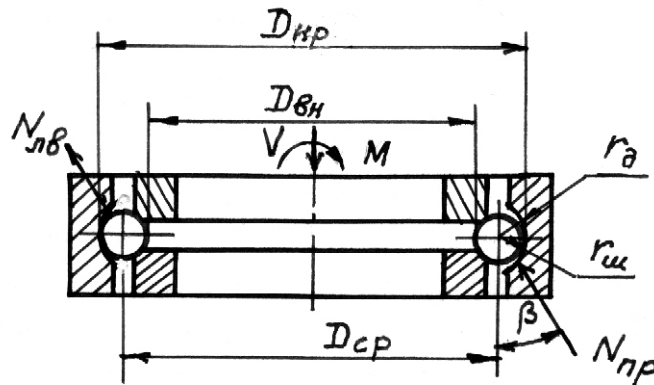


Рис. 1. Расчетная схема шарикового поворотного круга

Поскольку реакция, воспринимаемая левым и правым шариками равна $N = M/D$, то исходя из теории контактных напряжений Герца можно найти радиус шарика в зависимости от D . В случае равенства модулей упругости при вдавливании для материалов шарика и беговой дорожки, а также при равенстве коэффициента Пуассона 0,3 [2]

$$r_{ш} = \frac{0,125 \cdot n_p \cdot E}{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{n_p \cdot N}{\sigma \cdot \cos \beta}}, \quad (1)$$

где n_p – коэффициент, зависящий от соотношения коэффициентов уравнения эллипса касания; σ – допускаемые контактные напряжения при первоначальном точечном контакте; E – модуль упругости материалов шарика и беговой дорожки; β – угол наклона реакции.

Полуширина пятна контакта в направлении движения шарика

$$b = 1,384 \cdot n_B \cdot \sqrt[3]{\frac{N \cdot r_{ш}}{E \cdot \cos \beta}}, \quad (2)$$

где n_B – коэффициент, зависящий от тех же параметров, что и n_p . Отметим, что при $r_d = 0,515d_{ш}$, $A/B = 0,029$ и $n_p = 0,63$, а $n_B = 0,41$.

В [3] доказано, что коэффициент трения качения может быть найден аналитически через величину b и при первоначальном точечном контакте

$$k = 0,22 \cdot n_B \cdot \sqrt[3]{\frac{N \cdot r_{ш}}{E \cdot \cos \beta}} \cdot \exp(0,2 \cdot r_{ш}). \quad (3)$$

Сопротивление вращению ОПУ с учетом двух шариков

$$W = \frac{2 \cdot k \cdot N}{r_{ш}} = 1,76 \cdot \frac{n_B}{n_p} \cdot N \cdot \frac{\sigma}{E \cdot \cos \beta} \cdot \exp(0,2 \cdot r_{ш}), \quad (4)$$

а момент, необходимый для поворота ОПУ

$$M_{BP.ш} = 0,88 \cdot \frac{n_B}{n_P} \cdot \frac{\sigma \cdot M}{E \cdot \cos \beta} \cdot \exp(0,2 \cdot r_w). \quad (5)$$

Для роликового ОПУ при допущении, что диаметр ролика d_p равен его длине B , получим аналогичные выше приведенным формулы

$$r_p = \frac{0,3}{\sigma} \cdot \sqrt{\frac{N \cdot E}{\cos \beta}}, \quad (1a)$$

$$b = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot \cos \beta}}, \quad (2a)$$

$$k = 0,24 \cdot \sqrt{\frac{N}{E \cdot \cos \beta}} \cdot \exp(-1,2 \cdot r_p), \quad (3a)$$

$$W = 1,6 \cdot N \cdot \frac{\sigma}{E \cdot \cos \beta} \cdot \exp(-1,2 \cdot r_p), \quad (4a)$$

$$M_{BP.P} = 0,8 \cdot N \cdot \frac{\sigma \cdot D_{CP}}{E \cdot \cos \beta} \cdot \exp(-1,2 \cdot r_p). \quad (5a)$$

Зависимости радиусов шарика и ролика от диаметра круга при $M=700$ кНм; $\sigma=1400$ МПа для шариков и $\sigma=980$ МПа для роликов; $E=2,1 \cdot 10^5$ МПа показаны на рис. 2а, а сопротивление повороту – на рис. 2б.

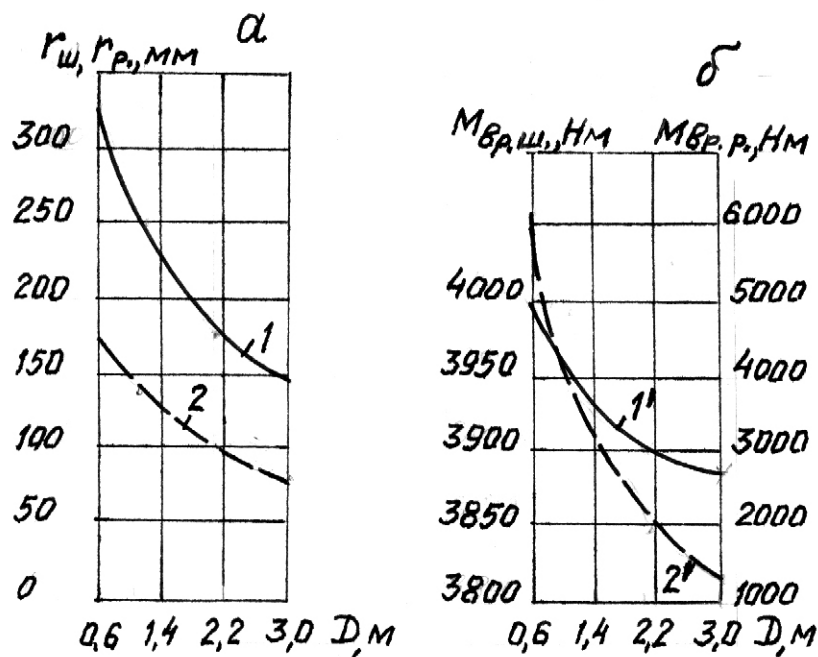


Рис. 2 Зависимости от диаметра круга ОПУ: 1, 2 – радиуса условного расчетного шарика и ролика (а); 1', 2' – момента на преодоление сопротивлений качению шариков и роликов

Анализ формул (4), (4а), (5), (5а) и графиков на рис. 2а и 2б позволяет сделать следующие выводы:

-расчетный радиус шариков и роликов нелинейно уменьшается с увеличением диаметра круга и при $D=0,6$ м и $D=3$ м его величина отличается более чем в 2 раза как для шариков, так и для роликов;

-момент на преодоление сил трения качению как для шарикового, так и для роликового ОПУ нелинейно уменьшается с увеличением диаметра

круга и разница в величинах достигает 3% для шарикового и 8% для роликового ОПУ.

Литература

1.Бондаренко Л.М., Ракша С.В., Брильова М.Г. Уточнення розрахункової схеми навантаження групи тіл кочення / Підйомно – транспортна техніка. – ДПТ. - №1. – 2005. – С. 47 -52.

2.Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – Киев: Наук. думка.. 1988. – 736 с.

3.Бондаренко Л.М. Аналітичні залежності для визначення коефіцієнта тертя кочення для найбільш вживаних схем дотику / Техніка будівництва. - №11. – 2002. – С. 32 -35.

Бондаренко Л. Н., Колбун В. В.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна

Жаковский А. Д.

Днепропетровский орган по сертификации железнодорожного транспорта