

УДК 621.822.6.004.67: 668.3: 631.3.02

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ МЕЖДУ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ В МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОМ РОЛИКОПОДШИПНИКЕ

д.т.н. Ли Р.И., Мироненко А.В.

ЛГТУ

romanlee@list.ru

*Приведены методика и результаты экспериментальных исследований распределения нагрузки между телами качения в металлополимерном роликоподшипнике. Построен тарифовочный график, позволяющий по ширине пятна контакта определять значения нагрузки на тела качения. Проведено сравнение размеров пятен контакта для стандартного и металлополимерного подшипников. Вычислены коэффициенты распределения нагрузки между телами качения для исследуемых подшипников.*

**Ключевые слова:** подшипник, полимер, контакт, нагрузка, напряжение

Подшипники качения широко применяются при конструировании опор валов в механизмах. Актуальной задачей является увеличение срока службы подшипников качения. Одним из путей повышения долговечности подшипников качения является снижение контактных напряжений. Напряжения зависят от нагрузки на тела качения. Полимерный материал, нанесенный на наружное кольцо подшипника, выполняет роль упругой подкладки, и при приложении радиальной нагрузки на подшипник, наружное кольцо последнего деформируется. Исследования металлополимерных шарикоподшипников показали, что нагрузка на центральное тело качения снижается и перераспределяется на боковые тела качения, что существенно снижает контактные напряжения и многократно повышает ресурс подшипниковых узлов [1, 2]. Подобные исследования для металлополимерных роликоподшипников до настоящего времени не проводились и представляют научный интерес исследования данного вопроса.

## Методика исследований

Цель исследований заключалась в изучении распределения нагрузки между телами качения металлополимерного роликоподшипника. Объектом исследования являлся подшипник 42209 с однобортовым внутренним

кольцом, в первом случае без полимерного материала, во втором случае со слоем полимерного материала на наружном кольце.

Полимерный материал – лак Ф-40 послойно наносили на наружное кольцо подшипника кистью. Затем проводилась термообработка в сушильном шкафу при температуре 160°C в течение 3 часов. Толщина слоя полимерного материала составляла 0,2 мм.

Нагрузку на подшипник осуществляли на специальном стенде. Пятно контакта представляет собой прямоугольник с длиной равной длине ролика  $l_p$  и шириной  $b$ , которая зависит от нагрузки на подшипник [3–5]. Для построения тарифовочного графика нагружали один ролик (рис. 1а), для исследования распределения нагрузки между роликами – 7 роликов (рис. 1б). Центральное тело качения устанавливалось вдоль оси действия нагрузки.

Испытания проводили при радиальной нагрузке на подшипник  $P = 2895; 4938$  и  $6980$  Н. Через 0,25 ч нагрузку снимали и разбирали подшипник. Пятна контакта (отпечатки) на белой глянцевой бумаге исследовали микроскопом МПБ-2, определяя значения ширины  $b$  пятна контакта центрального тела с дорожкой качения наружного кольца подшипника.

На рис. 2 приведен тарифовочный график, который позволяет определять значения нагрузки  $Q$  на тело качения по размеру пятна контакта.

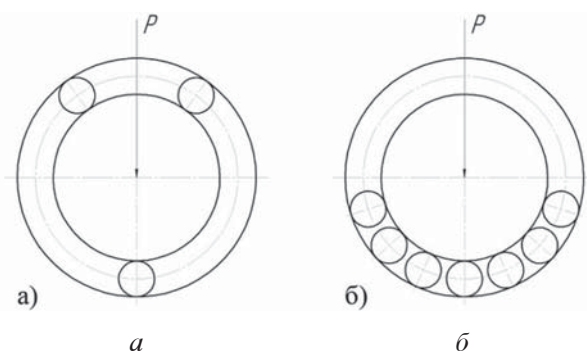


Рис. 1. Схема расположения тел качения в подшипнике для тарировочного графика (а), для исследования распределения нагрузки (б)

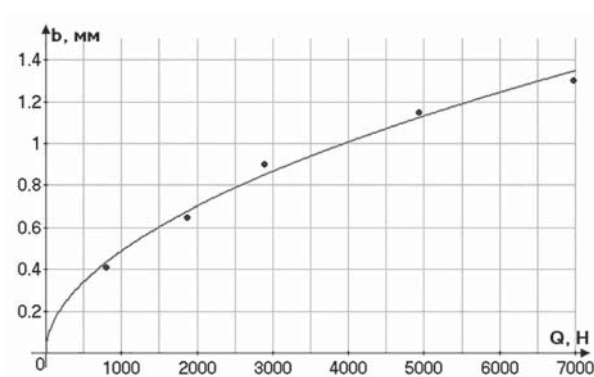


Рис. 2. Зависимость ширины пятна контакта  $b$  между телом качения и беговой дорожкой наружного кольца подшипника 42209 от нагрузки  $Q$

По тарировочному графику определяли нагрузки на тела качения (таблицы 2, 3). Площадь пятна контакта рассчитывали по формуле  $F = l_p \cdot b$ .

По данным таблиц 2 и 3 построили графики распределения нагрузки между телами качения в стандартном и в металлополимерном подшипниках (рис. 3).

Коэффициенты распределения нагрузки между центральным и первыми боковыми телами качения и между центральным и вто-

рыми боковыми телами качения определяли по формулам [1]:

$$k_{p1} = \frac{Q_1}{Q_0}; \quad k_{p2} = \frac{Q_2}{Q_0}.$$

Результаты расчета для роликоподшипника 42209 (стандартного и с полимерным материалом) приведены в таблице 3.

Из полученных данных видно, что коэффициент распределения нагрузки для подшипника с полимерным материалом между централь-

Таблица 1

Распределение нагрузки между телами качения в стандартном подшипнике 42209

Обозначения	Нагрузка на подшипник Р, Н		
	2895	4938	6980
<b>Центральное тело качения</b>			
$b_0$ , мм (ширина пятна контакта)	0,45	0,60	0,72
$S_0$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	4,5	6,0	7,2
$Q_0$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	850	1500	2100
<b>Первое боковое тело качения</b>			
$b_1$ , мм (ширина пятна контакта)	0,42	0,55	0,62
$S_1$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	4,2	5,5	6,2
$Q_1$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	750	1300	1750
<b>Второе боковое тело качения</b>			
$b_2$ , мм (ширина пятна контакта)	0,35	0,45	0,50
$S_2$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	3,5	4,5	5,0
$Q_2$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	450	750	1100
<b>Третье боковое тело качения</b>			
$b_2$ , мм (ширина пятна контакта)	0,15	0,25	0,25
$S_2$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	1,5	2,5	2,5
$Q_2$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	150	250	350

Таблица 2

## Распределение нагрузки между телами качения в металлополимерном подшипнике 42209

Обозначения	Нагрузка на подшипник Р, Н		
	2895	4938	6980
<b>Центральное тело качения</b>			
$b_0$ , мм (ширина пятна контакта)	0,45	0,58	0,70
$S_0$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	4,5	5,8	7,0
$Q_0$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	800	1400	2000
<b>Первое боковое тело качения</b>			
$b_1$ , мм (ширина пятна контакта)	0,45	0,55	0,65
$S_1$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	4,5	5,5	6,5
$Q_1$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	750	1300	1850
<b>Второе боковое тело качения</b>			
$b_2$ , мм (ширина пятна контакта)	0,33	0,47	0,55
$S_2$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	3,3	4,7	5,5
$Q_2$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	500	800	1200
<b>Третье боковое тело качения</b>			
$b_2$ , мм (ширина пятна контакта)	0,17	0,25	0,25
$S_2$ , мм <sup>2</sup> (площадь контакта)	1,7	2,5	2,5
$Q_2$ , Н (нагрузка на центральное тело качения)	200	250	350

Таблица 3

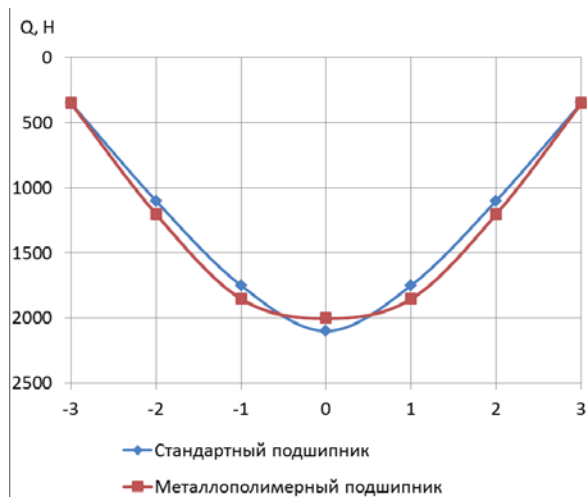
## Коэффициенты распределения нагрузки между телам и качения в роликоподшипнике 42209

Коэффициент распределения нагрузки	Нагрузка на подшипник Р, Н			Среднее
	2895	4938	6980	
Стандартный подшипник				
$k_{p1}$	0,88	0,87	0,83	0,86
$k_{p2}$	0,53	0,50	0,52	0,52
Подшипник с полимерным материалом				
$k_{p1}$	1,00	0,93	0,93	0,95
$k_{p2}$	0,63	0,57	0,60	0,60

ным и первыми боковыми телами качения на 10% больше по сравнению со стандартным подшипником и приближается к единице. Коэффициент распределения нагрузки между центральным телом качения и вторыми боковыми телами качения в металлополимерном подшипнике так же выше на 15% аналогичного показателя для стандартного подшипника.

**Выводы**

В результате экспериментальных исследований установлено, что при радиальном нагружении металлополимерного роликоподшипника происходит перераспределение нагрузки с центрального на боковые тела качения. Нагрузка на центральное тело качения уменьшается, а на боковые тела качения увеличивается.



**Рис. 3. Распределение нагрузки между телами качения в стандартном подшипнике и подшипнике с полимерным материалом при радиальной нагрузке  $P = 6980$  Н:**

0;  $\pm 1$ ;  $\pm 2$ ;  $\pm 3$  – центральное, первые, вторые и третьи тела качения, соответственно

Снижение нагрузки на центральное тело качения и соответствующее снижение контактных напряжений создают условия для увеличе-

ния ресурса металлополимерных роликоподшипников качения.

### Литература

1. Курчаткин В.В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами: Дис ... док. техн. наук. – М., 1989, – 407 с.
2. Ли Р.И. Применение полимерных материалов в подшипниковых узлах при изготовлении и ремонте машин. – Мичуринск: Издательство МичГАУ, – 2010. – 169 с.
3. Перель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор. Справочник. – М.: Машиностроение. – 1983. – 543 с.
4. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение. – 2009. – 752 с.
5. Проектирование полноприводных колесных машин: В 2 т. Т. 1 / Б.А. Афанасьев, Н.Ф. Бочаров, Л.В. Жеглов и др. Под общ. ред. А.А. Полунгяна. – М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 1999. – 488 с.