

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

М. Г. АРАКЕЛЯН

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ СФЕРИЧЕСКИХ
 ПОДШИПНИКОВ С ВОЗДУШНОЙ СМАЗКОЙ

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований автора, проведенных над тремя размерами шаровых подшипников диаметром 35,03 мм, 99,2 мм и 240 мм с воздушной смазкой. В связи с отсутствием металлических шаров больших диаметров заводского производства, шары диаметром 240 мм были изготовлены на универсальных станках, которые не могли обеспечить достаточно высокую точность формы шаров и чистоту их рабочей поверхности. Поэтому работающие поверхности пяты и подпятника обрабатывались на оптических полировальных станках с точностью ± 1 микрон с чистотой поверхности $\nabla 12 - \nabla 14$.

Основные параметры подшипников указаны на рис. 1. На рис. 2 приведена схема испытательного стенда. В качестве источника давления был использован компрессор марки 155—1 с максимальным давлением 10 кг/см^2 с подачей воздуха $0,75 \text{ м}^3/\text{мин}$. Расход воздуха определялся дифманометром 1 марки ДП—410. Ввиду того, что потребляемый расход воздуха в экспериментах колебался в пределах от $0,05 \text{ м}^3/\text{мин}$ до $0,326 \text{ м}^3/\text{мин}$, при измерениях в отдельных диапазонах расхода были использованы сужающие устройства разных диаметров. Подаваемый к подшипнику сжатый воздух предварительно очищался с помощью воздухоочистителя, установленного перед дифманометром. Манометр для контроля давления магистрали устанавливался после дифманометра, на расстоянии 2 м от подшипника. Давление воздуха в кармане подпятника измерялось с помощью манометра типа МО—8 с ценой деления $0,02$ и $4/300 \text{ кг/см}^2$.

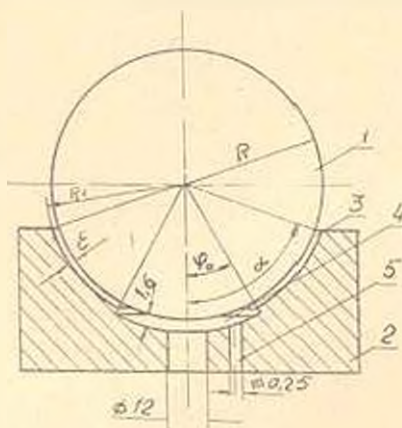


Рис. 1. Схема воздушного сферического подшипника: $r = 0,05 \text{ мм}$, $\epsilon_0 = 30^\circ$, $\alpha = 70^\circ$. 1 — металлический шар; 2 — сферический подпятник; 3 — сферическая поверхность подпятника; 4 — карман; 5 — к манометру.

С целью измерения давления в кармане подшипника в нем был просверлено отверстие диаметром 0,25 мм.

На шар ставилась платформа 3 (рис. 2), к которой подвешивался груз 4. Подъем шара определялся индикатором стрелочного типа 5.

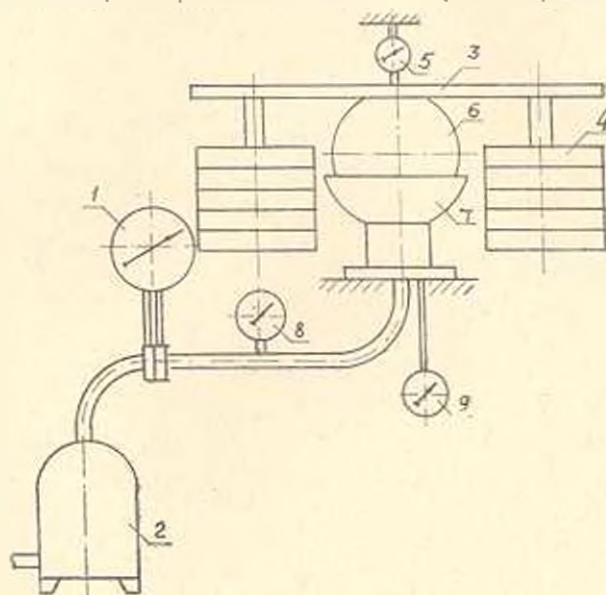


Рис. 2. Схема испытательного стенда. 1 — дифманометр; 2 — воздухоочиститель; 3 — платформа; 4 — груз; 5 — стрелочный индикатор; 6 — шар; 7 — подшипник; 8 — манометр магистрали; 9 — манометр кармана.

ценой деления 1 микрон. После тщательной подготовки стенда в систему прибора подавался воздух. При заданном грузе опыт повторялся три раза.

Опыт с подшипником диаметром шара 35,03 мм. Начальный вес платформы составлял 8,56 кг. Груз увеличивался ступенями по 1,2 кг. При всех грузах расход воздуха был принят постоянным, равным 0,083 м³/мин. При этом давление воздуха в кармане и подъем платформы при каждом грузе оказывался различным. Результаты опыта представлены в табл. 1.

Опыт с подшипником диаметром шара 99,2 мм. Начальный вес платформы составлял 32 кг. Груз увеличивался ступенями по 10 кг. Расход воздуха при различных грузах изменялся. В точке № 24 груз был взят таким, чтобы он совпадал по величине с грузом в опытах, описанных в [1] для подшипника диаметром 101,6 мм. Результаты опыта представлены в табл. 1.

Опыт с подшипником диаметром шара 240 мм. Начальный вес платформы составлял 148 кг, груз увеличивался ступенями по 40 кг. В рассматриваемом случае расход воздуха принимался больше минимального. В остальном здесь принимались такие же параметры опыта

Таблица 1

Экспериментальная зависимость нагрузки на сферическую опору от давления в кармане, расхода воздуха и подъема шара

№	Диаметр шара $D = 35,03$ мм				Диаметр шара $D = 99,20$ мм				Диаметр шара $D = 240,00$ мм			
	давление в кармане кг/см ²	расход воздуха м ³ /мин	подъем шара мм	груз кг	давление в кармане кг/см ²	расход воздуха м ³ /мин	подъем шара мм	груз кг	давление в кармане кг/см ²	расход воздуха м ³ /мин	подъем шара мм	груз кг
1	1,20	0,083	0,090	8,56	0,64	0,050	0,055	32,0	0,51	0,117	0,101	148
2	1,35		0,082	9,15	0,84	0,059	0,060	11,9	0,66	0,125	0,099	189
3	1,58		0,070	10,96	1,00	0,067	0,061	50,9	0,79	0,133	0,089	230
4	1,73		0,061	12,16	1,24	0,075	0,063	60,8	0,82	0,142	0,097	271
5	1,92		0,061	13,63	1,40	0,084	0,060	70,7	1,07	0,150	0,095	312
6	2,00		0,060	14,56	1,60	0,092	0,062	80,6	1,21	0,158	0,094	354
7	2,27		0,060	15,76	1,80	0,100	0,061	91,5	1,34	0,167	0,093	395
8	2,44		0,057	16,96	2,00	0,113	0,059	101,1	1,49	0,175	0,092	436
9	2,63		0,057	18,16	2,24	0,125	0,060	110,4	1,63	0,183	0,091	477
10	2,81		0,049	19,36	2,40	0,135	0,071	121,5	1,76	0,192	0,091	515
11	2,97		0,049	20,56	2,58	0,139	0,082	131,4	1,91	0,200	0,089	554
12	3,20		0,048	21,76	2,74	0,142	0,062	140,4	2,03	0,208	0,088	594
13	3,32		0,018	22,96	2,92	0,145	0,060	150,3	2,18	0,217	0,087	633
14	3,46		0,047	24,16	3,10	0,153	0,053	160,3	2,29	0,225	0,085	671
15	3,65		0,047	25,36	3,30	0,157	0,061	170,2	2,43	0,233	0,081	712
16	3,87		0,046	26,56	3,50	0,173	0,060	179,5	2,55	0,242	0,083	752
17	4,05		0,046	27,76	3,70	0,177	0,060	189,4	2,65	0,250	0,082	789
18	4,22		0,045	28,96	3,90	0,144	0,060	198,8	2,75	0,258	0,081	726
19	4,44		0,045	30,16	4,10	0,190	0,060	208,7	2,87	0,267	0,080	862
20	4,60		0,044	31,36	4,30	0,193	0,061	219,1	3,00	0,275	0,079	900
21	4,78		0,044	32,56	4,50	0,200	0,070	229,0	3,15	0,283	0,078	935
22	4,97		0,043	33,76	4,75	0,205	0,062	238,8	3,27	0,292	0,077	972
23	5,20		0,043	34,96	4,92	0,205	0,057	248,7	3,39	0,300	0,076	1013
24	5,39		0,042	36,16	5,06	0,220	0,059	253,5	3,51	0,308	0,075	1052
25	5,48		0,042	37,36	5,15	0,230	0,060	258,5	3,64	0,317	0,074	1092

как и для шара диаметром 99,2 мм. Результаты опыта приведены в табл. 1.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что зависимость величины подъема шара от остальных параметров подшипника устанавливается легче в том случае, когда расход воздуха при всех ступенях нагружения подшипника остается постоянным. Однако, оставление постоянным расхода воздуха при всех размерах подшипников не позволяла испытательная система. В опытах с подшипником 35,03 мм, как указывалось выше, расход воздуха удалось сохранить постоянным при всех ступенях нагружения подшипника. Подшипник мог нести нагрузку и при расходе воздуха менее чем $0,033 \text{ м}^3/\text{мин}$, но при этом подшипник переходил в состояние вибрации, кроме того при минимальном расходе воздуха на точность опыта влияла инерционность расходомера. При расходе воздуха больше минимального на 10–20% подшипник работал устойчиво и инерционность расходомера на результаты опыта не сказывалась.

По проведенным экспериментальным исследованиям можно отметить следующее. Для всех типов испытанных подшипников при постоянной нагрузке давление в кармане подшипника оставалось постоянным, независимо от величины расхода воздуха. Манометр с ценой деления $4/300 \text{ кг/см}^2$, измерений давления в кармане подшипника не показывал. Это можно объяснить отчасти тем, что при увеличении расхода воздуха величина зазора между шаром и подпятником увеличивалась, в результате чего давление в кармане оставалось постоянным. В работе [1] отмечается, что при давлении превышающей минимальное, происходит быстрое увеличение расхода воздуха. Опытами авторы это не подтверждается. При постоянном грузе и нахождении шара во взвешенном состоянии увеличить давление в кармане подшипника не представлялось возможным. Следовательно, в рассматриваемом случае речь может идти только об увеличении расхода воздуха.

Для отрыва шара от подпятника требуется больше давление чем при нормальной работе подшипника. Для подъема шара требуется давление, превышающее примерно в 1,6 раза рабочее давление. Когда в карман подшипника подается воздух, то подъемная сила возникает только от части поверхности кармана соответствующей величины $2R \sin \varphi_0$, а когда подшипник находится в подвешенном состоянии, то поверхность увеличивается на величину $\sin \alpha / \sin \varphi_0$ и поэтому при постоянном грузе давление падает. Отметим, что величина зазора образованного между карманом подшипника и шаром в 30–40 раз превышала величину зазора работающих поверхностей.

В [1] приводится эмпирическая формула для определения минимальной величины подъемного давления в кармане подшипника при заданной нагрузке:

$$P_0 = \frac{N}{2R^2} \text{ кг см}^2, \quad (1)$$

где N — нагрузки на сферическую опору в кг,

R — радиус шара в см.

В табл. 2 величины, вычисленные по этой формуле, сопоставлены с экспериментальными величинами, полученными автором. Анализ

Таблица 2

Сопоставление расчетных величин вычисленных по формуле (1) с экспериментальными данными автора

Диаметр шара (мм)					
35,03 мм		99,02 мм		240,00 мм	
P_0 (кг)	расхождение в % от опыта	P_0 (кг)	расхождение в % от опыта	P_0 (кг)	расхождение в % от опыта
7,35	11,5	31,49	1,6	146	1,4
8,27	15,0	41,33	1,4	189	0,0
9,68	11,7	49,20	1,7	227	1,4
10,60	11,8	61,01	0,3	265	2,3
11,76	12,0	68,88	2,6	307	1,6
12,60	12,0	76,73	2,2	349	1,4
13,90	11,8	88,57	2,2	387	2,0
14,95	11,8	98,41	3,0	430	1,4
16,11	11,3	110,22	2,2	469	1,7
17,21	11,1	118,09	2,8	507	1,6
18,19	11,1	126,94	3,4	549	0,9
19,60	11,4	134,82	4,0	584	1,7
20,34	11,4	143,67	4,4	622	1,8
21,25	12,8	152,53	4,8	660	1,7
22,36	11,8	162,27	1,0	699	1,8
23,70	10,8	172,21	4,1	733	2,6
24,81	10,6	182,05	3,9	764	3,2
25,91	10,5	191,89	3,5	791	4,3
27,20	9,8	201,73	3,3	826	4,2
28,18	10,0	211,57	3,4	864	4,0
29,28	10,0	221,41	3,3	906	3,2
30,44	9,8	233,72	2,1	940	3,3
31,85	8,9	242,08	2,6	975	3,6
33,01	8,7	248,87	1,8	1010	4,0
33,57	10,1	253,40	2,0	1048	4,1

представленных данных показывает, что удовлетворительные результаты между экспериментальными и расчетными величинами получают для подшипников диаметром 99,02 мм и 240 мм. Для подшипников диаметром 35,03 мм имеет место несколько большее расхождение, достигающее 12%.

Մ. Պ. ԱՌԱՔԵԼՅԱՆ

ԹԻԱՏՐՈՆԻ ՅՈՒՂՈՒՄԻ ՍՆՆԵՐՈՒԹՅԱՆ ԱՌԱՆՏԲԱԿԱԼՆԵՐԻ ԷՔՍՊԵՐԻՄԵՆՏԱԼ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հոդվածում երեք տարրեր տրամադների ողային յուղամար սֆերիկ առանցքակալների համար բերված են փորձերի նկարագրությունները և արդյունքները: Առանցքակալների տրամադներն են 35,03 մմ., 99,2 մմ. և 240 մմ.:

Փորձի արդյունքները բերված են 1 աղյուսակում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Корей Т. Л. * др. Исследование и расчет нагруженных сферических подшипников с гидростатической воздушной смазкой: «Машиностроение» 1966, переводов и обзор иностранной периодической литературы. № 1 1957.